



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL 2 IN 1 KHUSUS PENGANGKUT TERNAK
SAPI DAN BARANG RUTE NUSA TENGGARA TIMUR
(NTT) - SURABAYA**

ELIP SUPRIYANTO
NRP. 4111 100 018

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF 2 IN 1 VESSEL CARRIYING CATTLES AND
GOODS WITH ROUTE EAST NUSA TENGGARA (NTT) -
SURABAYA**

ELIP SUPRIYANTO
NRP. 4111 100 018

Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL 2 IN 1 KHUSUS PENGANGKUT TERNAK SAPI DAN BARANG RUTE NUSA TENGGARA TIMUR (NTT) - SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan - Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ELIP SUPRIYANTO
NRP. 4111 100 018

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19641002 198901 1 001

SURABAYA, 5 Mei 2015

DESAIN KAPAL 2 IN 1 KHUSUS PENGANGKUT TERNAK SAPI DAN BARANG RUTE NUSA TENGGARA TIMUR (NTT) - SURABAYA

Nama Mahasiswa : Elip Supriyanto
NRP : 4111 100 018
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Kebutuhan sarana transportasi laut untuk komoditi ternak sapi yang menghubungkan Nusa Tenggara Timur (NTT) – Surabaya masih kurang memadai. Konsumsi daging sapi di Pulau Jawa yang tergolong tinggi menyebabkan sapi lokal tidak dapat memenuhi kebutuhan. Kapal khusus pengangkut ternak dapat sepenuhnya menggantikan kapal kargo dan kapal kayu kapasitas kecil untuk mengangkut kebutuhan sapi antar pulau karena kapal ini dapat mengangkut sapi dalam jumlah banyak. Namun apabila moda pengangkutan kapal hanya mengangkut ternak saja, dari segi ekonomi akan mengalami kerugian dikarenakan ketika kapal pergi membawa muatan sedangkan ketika pulang tidak membawa apapun. Sehingga didesain kapal khusus mengangkut ternak sapi sekaligus mengangkut barang.

Pada tugas akhir ini didesain sebuah kapal 2 in 1 yang mengangkut ternak dan barang. Kapasitas muatan kapal yang didapat dengan menggunakan data dari kebutuhan daging sapi di Surabaya dan kebutuhan pokok di NTT, kemudian mencari *deadweight* dan ukuran utama dari kapal. Dengan ukuran utama yang didapat kemudian dilakukan analisis hidrostatik dan stabilitas kemudian mendesain rencana garis dan rencana umum. Melalui perancangan kapal 2 in 1 ini nantinya diharapkan dapat memberikan sebuah alternatif desain sebagai solusi untuk mengoptimalkan pengiriman hewan ternak antar pulau dan mengurangi kerugian biaya yang dikeluarkan.. Dan pada akhirnya didapatkan kapal dengan *payload* 5200 ton, 1800 ekor ternak sapi dan 3300 ton beras; dan dengan ukuran utama Lpp: 132.8 m; B: 18 m; H: 8.2 m; T: 4.6 m; dengan rute Pelabuhan Tenau di Kupang, NTT, menuju Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya.

Kata Kunci – Sapi, Barang, Kapal 2 in 1, NTT

DESIGN OF 2 IN 1 VESSEL CARRIYING CATTLES AND GOODS WITH ROUTE EAST NUSA TENGGARA (NTT) - SURABAYA

Author : Elip Supriyanto
ID No. : 4111 100 018
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

The marine transportation for cattles commodity to the East Nusa Tenggara is still inadequate. The consumption of beef in Java was so high, it caused local cattle cannot comply the requirement. The cargo ships and the small capacity vessels for inter-island are completely replaced by livestock carriers. These ships can transport cattles in large quantities. However, if the the vessel only carrying cattles, it will suffer losses. When the ship departed, it carry payloads, while it doesn't bring anything after have arrived. Then the cargo space are combining between cattles and goods.

In this final project, 2 in 1 vessel carrying cattles and goods was designed. The capacity of the vessel using data of beef demand in Surabaya and data of main demand in NTT. And then finding deadweight and the main dimension of the ship. With the main dimensions already obtained then do technical calculations for hydrostatic and stability, lines plan and then design a general arrangement. Through the design of 2 in 1 vessel is expected to provide an alternative solution to optimize inter-island cattles shipping and reduce losses. Finally, the main dimension of ship obtained, with payload 5200 tons, 1800 head of cattles and 3300 tons of rice; and main dimension Lpp: 132.8 m; B: 18 m ; H:8.2 ; T; 4.6 m ; , from Port Tenau in Kupang, NTT, to the Port of Tanjung Perak in Surabaya.

Keywords - Cattles, Goods, 2 in 1 vessel, NTT

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul **“Desain kapal 2 in 1 khusus pengangkut ternak sapi dan barang rute Nusa Tenggara Timur (NTT) - Surabaya”** ini dapat selesai dengan baik. Tidak lupa, pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Dosen Wali penulis yang telah berkenan meluangkan waktu, memotivasi dan membagikan ilmunya dalam membimbing selama kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir;
2. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D, Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc., dan Bapak Ir. Asjhar Imron, M.Sc, MSE, PED. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Perancangan Kapal Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS;
5. Orang tua dan adik penulis: Ibu Supadmi, Bapak Pujiyanto, Sari Ambar Wati, atas dukungan dan doa untuk penulis.
6. Saudara Angger Bagus Prakoso dan Bapak Haryono atas bantuan pengumpulan data penunjang Tugas Akhir;
7. Kawan – kawan terbaik yang selalu mendukung dan berbagi selama masa kuliah : Ali, Fajar, Lukman, Tuhi, Bogo, Rid, Arif, Rayung, Nafis, dan Rizki.
8. Rekan – rekan pengurus Bidikmisi, Rumah Muslim ITS, KMKS, CENTERLINE P - 51, HIMATEKPAL, dan rekan satu dosen wali yang telah memberikan pembelajaran berharga dalam hidup saya.
9. Rekan - rekan dan mas-mbak terbaik yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini: Eko, Imron, Farinda, Gigih, Arya, Wahyu, Suryana, Rizal , Yogi, Adnan dan nama-nama lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;
10. Mas Erik Sugiarto dan Kharis Abdullah atas bimbingannya; dan,

- 
11. Terima kasih khusus penulis persembahkan kepada Handika Permadani, atas dukungan dan motivasinya selama pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 5 Mei 2015

Elip Supriyanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Tujuan	3
I.5. Manfaat	3
I.6. Hipotesis	3
I.7. Sistematika Laporan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1. Gambaran Umum	5
II.2. Teori Desain Kapal	5
II.2.1 Concept Design	6
II.2.2 Preliminary Design	6
II.2.3 Contract Design	7
II.2.4 Detail Design	7
II.3. Metode Perancangan Kapal	8
II.3.1 Parent Design Approach	8
II.3.2 Trend Curve Approach	8
II.3.3 Iterative Design Approach	8
II.3.4 Parametric Design Approach	8
II.3.5 Optimization Design Approach	9

II.4. Sapi	9
II.4.1 Karakteristik Sapi Bali	9
II.4.2 Pemberian Pakan Dan Minum	10
II.4.3 Sistem Perkandangan	11
II.4.4 Sistem Ventilasi Ruang Muat	13
II.4.5 Pengendalian Ternak	13
II.5. Beras	16
II.5.1 Sifat Fisiokimia	17
II.5.2 Macam – Macam Teknis Pemuatan Beras	17
II.6. Sistem Bongkar Muat	18
II.6.1 Muatan Sapi	18
II.6.2 Muatan Barang	19
II.7. Tinjauan Daerah	20
II.7.1 Peternakan Di NTT	21
II.7.2 Jumlah Penduduk Di NTT	23
II.7.3 Pelabuhan Di NTT	24
BAB III	28
METODOLOGI	28
IV.1. Metode Pengerjaan	28
IV.2. Diagram Alir	28
IV.3. Langkah Pengerjaan	29
III.3.1 Pengumpulan Data	29
III.3.2 Studi Literatur	29
III.3.3 Analisa Data Awal	30
III.3.4 Optimasi Ukuran Utama	30
III.3.5 Proses Optimasi Kapal	31
III.3.6 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum Kapal.	32
III.3.7 Kesimpulan dan Saran	32
BAB IV	34
DESAIN KAPAL 2 IN 1	34
IV.1. Pendahuluan	34
IV.2. Penentuan Jumlah Muatan	34
IV.2.1 Muatan Ternak	35

IV.2.2 Muatan Barang.....	40
IV.3. Payload total kapal.....	41
IV.4. Penentuan Kapal Pembanding.....	41
IV.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal 2 in 1.....	42
IV.4.1 Penentuan Variabel.....	42
IV.4.2 Penentuan Parameter.....	42
IV.4.3 Penentuan Batasan.....	43
IV.4.4 Penentuan Fungsi Objektif.....	44
IV.5. Pembuatan Model Optimasi Kapal 2 in 1.....	44
IV.5.1 Pembuatan Batasan.....	44
IV.5.2 Running Model Solver.....	45
IV.5.3 Perhitungan Koefisien.....	48
IV.5.4 Perhitungan Hambatan.....	50
IV.5.5 Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin Induk.....	53
IV.5.6 Pemilihan Mesin Induk.....	56
IV.5.7 Perhitungan LWT.....	59
IV.5.8 Perhitungan DWT.....	62
IV.5.9 Perhitungan Kapasitas Ruang Muat.....	63
IV.5.10 Perhitungan Koreksi Displasmen.....	65
IV.5.11 Perhitungan Freeboard.....	65
IV.5.12 Perhitungan Trim.....	66
IV.5.13 Perhitungan Tonnage.....	68
IV.5.14 Perhitungan Stabilitas.....	69
IV.6. Perhitungan Biaya.....	69
IV.7. Pembuatan Rencana Garis.....	70
IV.8. Pembuatan Rencana Umum.....	76
IV.9. Peralatan Keselamatan.....	79
IV.9.1 Rescue Boat.....	79
IV.9.2 Sekoci penolong.....	79
IV.9.3 Pelampung penolong (lifebuoy).....	79
IV.9.4 Baju Penolong (life jacket).....	80
IV.10. Lampu Navigasi.....	80
IV.11. Mekanisme Bongkar Muat Kapal.....	81

IV.11.1 Muatan Sapi Masuk Kapal	81
IV.11.2 Muatan Sapi Keluar Kapal	82
IV.12. Pengecekan Kondisi Kapal (Validasi Model)	83
IV.13. Pembuatan Model Tiga Dimensi Kapal	87
BAB V	90
KESIMPULAN DAN SARAN	90
V.1. Kesimpulan	90
V.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1. Rata – rata ukuran tubuh sapi bali	10
Tabel II. 2. Jumlah populasi sapi tiap Kabupaten/Kota	22
Tabel II. 3. Jumlah penduduk NTT	24
Tabel IV. 1. Perencanaan waktu	34
Tabel IV. 2. Populasi Sapi per Kabupaten/Kota di NTT Tahun 2011-2013	35
Tabel IV. 3. Prediksi Populasi Sapi di Pulau Timor Bagian Barat	37
Tabel IV. 4. Jumlah Penduduk di NTT Tahun 1980-2012	38
Tabel IV. 5. Jumlah Penduduk di Pulau Timor bagian Barat Tahun 2008-2012	38
Tabel IV. 6. Jumlah Penduduk di Pulau Timor Bagian Barat Tahun 2008-2015	39
Tabel IV. 7. Perencanaan Muatan Ternak	40
Tabel IV. 8. Perencanaan Muatan Barang (Beras)	41
Tabel IV. 9. Data kapal pembanding	42
Tabel IV. 10. Ruang muat ternak sapi	63
Tabel IV. 11. Ruang muat muatan barang	64
Tabel IV. 12. Biaya pembangunan kapal	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1. “ <i>The Spiral Diagram</i> ”	6
Gambar II. 2. Sapi Bali	10
Gambar II. 3. Sketsa kandang sapi.....	12
Gambar II. 4. Struktur dari kawanan sapi	14
Gambar II. 5. Bidang panorama penglihatan sapi.....	15
Gambar II. 6. Memandu pergerakan sapi.....	16
Gambar II. 7. Beras	17
Gambar II. 8. Jembatan rampa	19
Gambar II. 9. <i>Ship Crane</i>	20
Gambar II. 10. Peta Nusa Tenggara Timur.....	21
Gambar II. 11. Grafik jumlah populasi di NTT per tahun	22
Gambar II. 12. Peta letak pelabuhan di NTT	25
Gambar II. 13. Pelabuhan Tenau NTT.....	26
Gambar III. 1. Diagram alir metodologi penelitian	28
Gambar III. 2. Skema optimasi ukuran utama kapal.....	31
Gambar IV. 1. Peta Populasi Sapi Berdasarkan Daerah/Pulau di NTT Tahun 2012.....	36
Gambar IV. 2. Grafik Prediksi Populasi Sapi di Pulau Timor Bagian Barat.....	37
Gambar IV. 3. Grafik Jumlah Penduduk di Pulau Timor Barat.....	39
Gambar IV. 4. Model optimasi ukuran utama kapal 2 in 1	46
Gambar IV. 5. Tampilan <i>solver</i>	47
Gambar IV. 6. Tampilan <i>solver</i> setelah dijalankan.....	48
Gambar IV. 7. Spesifikasi mesin induk	56
Gambar IV. 8. Ukuran dimensional mesin induk	57
Gambar IV. 9. Spesifikasi generator set	58
Gambar IV. 10. Ukuran dimensional generator.....	59
Gambar IV. 11. Jendela awal <i>maxsurf</i>	71
Gambar IV. 12. Model kapal dengan <i>software maxsurf</i>	71
Gambar IV. 13. Menentukan ukuran utama kapal dengan <i>size surface</i>	72
Gambar IV. 14. Penentuan <i>zero point</i>	72
Gambar IV. 15. Mengatur <i>stations</i> , <i>buttock lines</i> dan <i>waterlines</i>	73

Gambar IV. 16. Perhitungan hidrostatik dengan <i>maxsurf</i>	74
Gambar IV. 17. Menyimpan <i>lines plan</i> yang telah dibuat	75
Gambar IV. 18. Rencana garis kapal 2 in 1	76
Gambar IV. 19. Rencana umum kapal 2 in 1	79
Gambar IV. 20. Mekanisme sapi masuk ke kapal	82
Gambar IV. 21. Mekanisme sapi keluar kapal	83
Gambar IV. 22. Interface <i>maxsurf stability</i>	84
Gambar IV. 23. <i>Tank arrangement</i>	84
Gambar IV. 24. Kondisi pemuatan (<i>loading</i>)	85
Gambar IV. 25. Kondisi <i>full load</i> berangkat	85
Gambar IV. 26. Kriteria stabilitas	86
Gambar IV. 27. Grafik stabilitas hasil <i>running</i>	86
Gambar IV. 28. Desain tiga dimensi kapal 2 in 1 tampak depan	87
Gambar IV. 29. Desain tiga dimensi kapal 2 in 1 tampak belakang	87
Gambar IV. 30. Proses bongkar muat sapi	88

DAFTAR PUSTAKA

- Bandini, Y. (1999). *Sapi Bali*. Bogor: Penebar Swadaya.
- Grandin, T. (1990). *Livestock Handling and Transport, 4th Edition: Theories and Applications*. Boston: CABI International.
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- Haryadi. (2006). *Teknologi Pengolahan Beras*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Lamb, T. (2004). *Ship Design & Construction, Volume 2*. New Jersey: the Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- MLA. (2010). *Pedoman Untuk Pemberian Pakan Sapi Ternak Asia Tenggara*. New South Wales: Meat & Livestock Australia Ltd.
- Prakoso, Angger B. (2014) Tugas Akhir. *Desain Kapal Khusus Pengangkut Daging Rute Nusa Tenggara Timur (NTT) - Jakarta*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rasyid, A., & Hartati. (2007). *Petunjuk Teknis Perkandangan Sapi Potong*. Pasuruan: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Sujatman, D. (2013, Maret 21). <http://bp4kkabsukabumi.net>. Retrieved Maret 20, 2015, from http://bp4kkabsukabumi.net/index.php/index.php?option=com_content&task=view&id=436&Itemid=74: <http://bp4kkabsukabumi.net>
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Watson, D. G. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford: Elsevier.

BIODATA PENULIS



Bernama lengkap Elip Supriyanto, penulis dilahirkan di Klaten pada tanggal 9 September 1993. Sejak kecil, penulis besar di Klaten, Jawa Tengah, dan mengenyam pendidikan mulai dari TK hingga SMA di provinsi tersebut, yakni TK Pertiwi Baran, SD Negeri 2 Baran, SMP Negeri 1 Cawas dan SMA Negeri 1 Cawas. Lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, tepatnya Jurusan Teknik Perkapalan, melalui jalur SNMPTN UNDANGAN BIDIK MISI.

Di Jurusan Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan keorganisasian. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Divisi Akademik Departemen Pendidikan dan Keprofesian Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) dan Koordinator Bidik Misi Social Care (BSC) Perkumpulan Mahasiswa Bidik Misi ITS. Penulis juga telah mengikuti beberapa pelatihan diantaranya; LKMM Pra-TD dan LKMM TD yang diadakan oleh BEM Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Pernah mengikuti Forum Komunikasi Mahasiswa Bidik Misi Nasional di Jakarta. Penulis memiliki hobi *traveling*, membaca, *browsing*.

Pada pertengahan tahun 2014, penulis menyelesaikan Kerja Praktek di PT. Janata Marina Indah Semarang dan PT. Biro Klasifikasi Indonesia Cabang Madya Semarang. Melalui Tugas Akhir yang berjudul **“DESAIN KAPAL 2 IN 1 KHUSUS PENGANGKUT TERNAK SAPI DAN BARANG RUTE NUSA TENGGARA TIMUR (NTT) - SURABAYA”**, mengantarkannya menjadi Sarjana Teknik Perkapalan ITS.

“Setiap orang bisa terbang, yang dibutuhkan hanyalah seseorang yang mampu mengajarkan bagaimana caranya mengepakkan sayap”.

Contact Person : elip.supriyanto@yahoo.com (+6285725835787)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Intensitas pengiriman hewan ternak melalui jalur laut di wilayah Indonesia bagian timur, khususnya kawasan Nusa Tenggara Timur (NTT) cukup tinggi. Hal itu dikarenakan, NTT merupakan salah satu kawasan penghasil sapi terbesar di Indonesia dan menjadi kawasan penyuplai kebutuhan daging masyarakat Indonesia. Tidak hanya itu, NTT juga merupakan daerah penghasil udang, garam dan belerang yang cukup potensial. Sayangnya, dengan melimpahnya persediaan daging dan beberapa bahan tambang, provinsi NTT memiliki permasalahan pada persediaan sembako, khususnya beras. Sehingga untuk mencukupi kebutuhan masyarakatnya, pemerintah provinsi NTT melakukan impor beras dari luar negeri.

Sementara itu, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk Indonesia, konsumsi daging pun mengalami peningkatan. Pada tahun 2010, kebutuhan daging masyarakat Indonesia sebesar 4,849 kg per kapita per tahun. Memasuki tahun 2011, meningkat menjadi 5,110 kg per kapita per tahun. Konsumsi terbanyak berada di Pulau Jawa. Hal itu dibuktikan dengan tingginya prosentase pemotongan hewan ternak di provinsi-provinsi yang ada di Pulau Jawa. Misalnya pada tahun 2012, tercatat terjadi 56% pemotongan hewan sapi. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk pulau jawa, persediaan hewan ternak tidak akan mencukupi kebutuhan daging masyarakatnya. Sehingga, membutuhkan pasokan dari daerah lain. Kondisi ini berbeda dengan di NTT, persediaan ternak yang besar di sana tidak diikuti dengan meningkatnya persediaan sembako. NTT harus mengimpor beras sebesar 34.73 ton beras atau sekitar 31.71 juta US\$ pada tahun 2012. Hal ini bisa dibandingkan dengan kondisi di Pulau Jawa yang sangat melimpah persediaan berasnya. Sehingga dari perbedaan kondisi ini, kedua daerah tersebut dapat menjalin hubungan kerjasama timbal balik. (Badan Pusat Statistik, 2012)

Melihat kondisi di atas, sangat dimungkinkan akan terjadi distribusi hewan ternak dalam jumlah besar dari NTT ke beberapa wilayah Pulau Jawa. Namun, sampai saat ini belum ada kapal yang didesain khusus untuk mengangkut hewan ternak di Indonesia. Kapal yang sering digunakan adalah kapal kargo kapasitas kecil dan kapal kayu pengangkut hewan ternak jarak dekat. Kalaupun ada kapal ternak, itu merupakan modifikasi dari kapal barang atau kapal kontainer. Seperti KM Caraka Jaya Niaga III, KM Caraka Jaya Niaga IV, serta KM Daraki Nusa dan KM Papua Tiga yang akan dimodifikasi tahun ini. (Dikutip dari Tribunnews, 2013)

Melihat dari pengalaman sebelumnya, kapal ternak hasil modifikasi selalu mempunyai banyak kekurangan. Di antaranya adalah sebagian besar kapal yang dimodifikasi sudah berumur kisaran 10 tahun. Selain itu, ruang muat kapal yang dimodifikasi tidak sesuai dengan kondisi muatan, sehingga muatan yang diangkut dalam sekali jalan tidak dapat optimal. Namun apabila moda pengangkutan kapal hanya mengangkut ternak saja, dari segi ekonomi akan mengalami kerugian dikarenakan ketika kapal pergi membawa muatan sedangkan ketika pulang tidak membawa apapun. Hal ini lah yang membuat pengiriman barang ke dalam negeri menjadi lebih mahal daripada pengiriman barang keluar negeri.

Oleh sebab itu, pembuatan kapal khusus pengangkut hewan ternak yang dikombinasikan dengan pengangkutan barang adalah salah satu cara mengoptimalkan pengiriman hewan ternak antar pulau dan mengurangi kerugian biaya yang dikeluarkan. Dan penelitian ini ditujukan untuk merancang kapal khusus yang bisa mengangkut ternak sekaligus muatan barang. Diharapkan dengan adanya kapal ini dapat menyelesaikan beberapa permasalahan nasional. Seperti memenuhi kebutuhan pokok dari masyarakat NTT, menciptakan swasembada daging, mengurangi impor daging, serta membantu menekan kenaikan harga daging di Indonesia.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diambil beberapa pokok permasalahan, antara lain :

1. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal yang optimum?
2. Bagaimana mendesain rencana garis?
3. Bagaimana mendesain rencana rencana umum?

I.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Rute yang akan direncanakan adalah dari salah satu pelabuhan di NTT menuju Tanjung Perak di Surabaya.
2. Pemilihan ukuran utama kapal dilakukan dengan metode optimasi, dengan kisaran kapasitas yang nantinya didapatkan pada proses perhitungan.
3. Kapal yang dirancang merupakan kapal baja.

4. Pembuatan rencana garis kapal dan pemodelan *hull form* menggunakan *software Maxsurf*.
5. Perhitungan stabilitas kapal menggunakan *software maxsurf stability*.
6. Hasil pengerjaan dari tugas akhir ini adalah desain Rencana Garis dan Rencana Umum, tanpa desain konstruksi dari kapal.

I.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan ukuran utama kapal yang optimum.
2. Membuat desain rencana garis.
3. Membuat desain rencana umum.

I.5. Manfaat

Dari penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memenuhi kebutuhan daging sapi dari masyarakat Pulau Jawa, khususnya Surabaya.
2. Menekan impor daging sapi dan mengatasi kelangkaan daging sapi di Surabaya pada khususnya dan Indonesia pada umumnya.
3. Menekan kenaikan harga daging di Indonesia.
4. Mengurangi kerugian biaya pengiriman barang
5. Dapat dijadikan solusi alternatif untuk permasalahan transportasi laut lainnya.

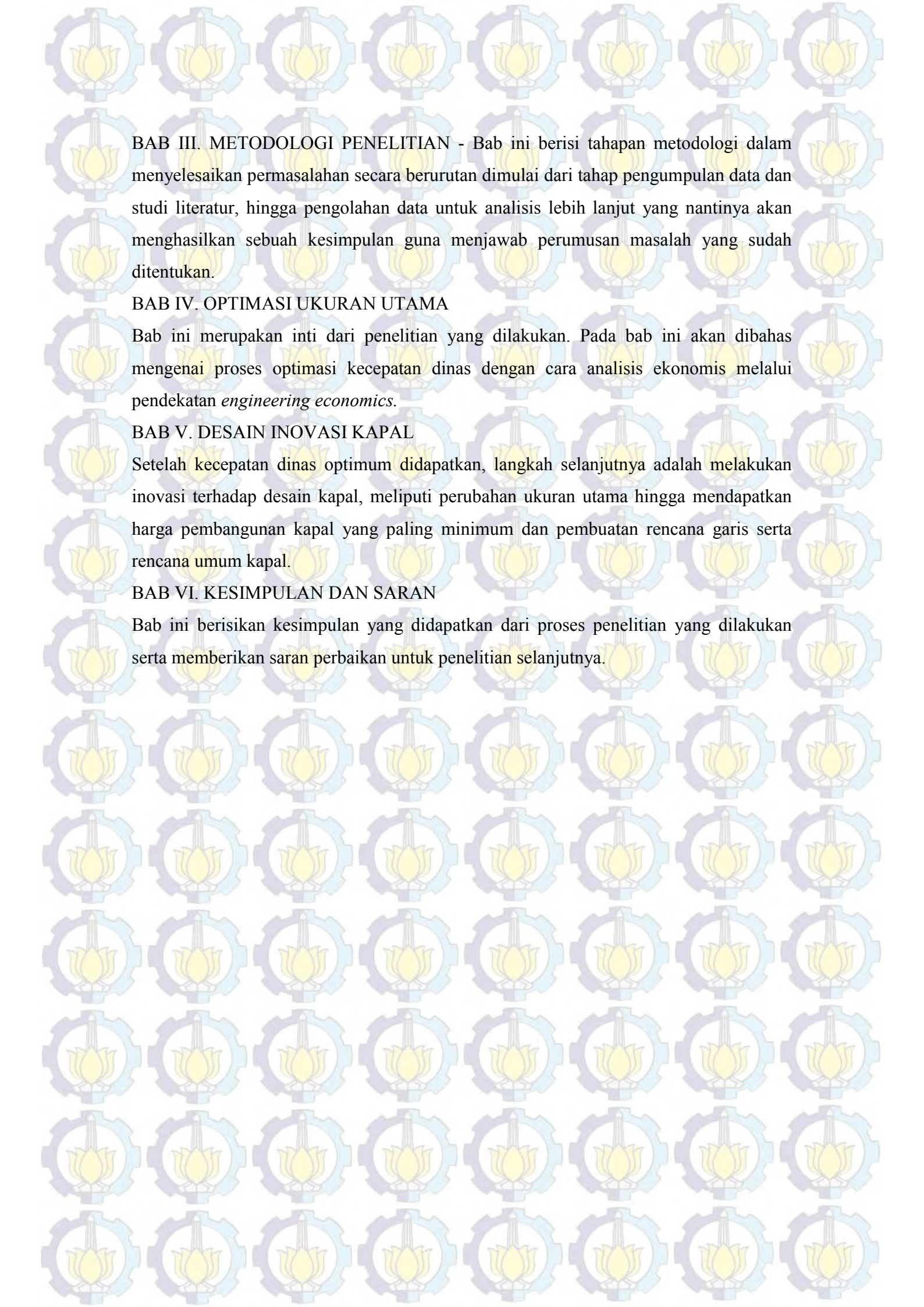
I.6. Hipotesis

Hasil penelitian akan menghasilkan desain kapal yang dapat mengangkut 2 muatan sekaligus, yaitu ternak sapi dan barang.

I.7. Sistematika Laporan

BAB I. PENDAHULUAN - Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA - Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir. Dasar-dasar teori, informasi daerah pelayaran serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir tercantum dalam bab ini.



BAB III. METODOLOGI PENELITIAN - Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literatur, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

BAB IV. OPTIMASI UKURAN UTAMA

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai proses optimasi kecepatan dinas dengan cara analisis ekonomis melalui pendekatan *engineering economics*.

BAB V. DESAIN INOVASI KAPAL

Setelah kecepatan dinas optimum didapatkan, langkah selanjutnya adalah melakukan inovasi terhadap desain kapal, meliputi perubahan ukuran utama hingga mendapatkan harga pembangunan kapal yang paling minimum dan pembuatan rencana garis serta rencana umum kapal.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

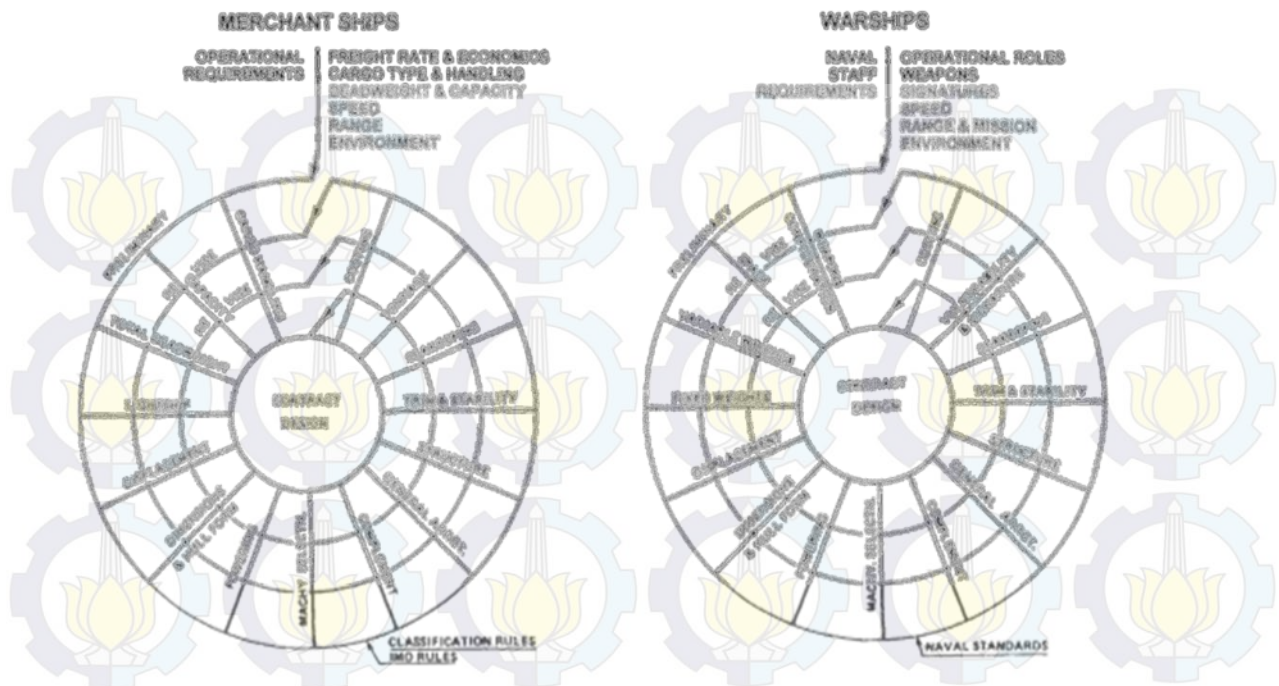
II.1. Gambaran Umum

Dalam bidang perkapalan, proses mendesain dan membangun kapal selalu memiliki keterkaitan dengan dunia bisnis. Dimana dalam proses pembangunan kapal di dasarkan pada permintaan atau pemesanan. Sebelum di lakukan pembangunan kapal, terlebih dahulu seorang desainer membuat desain gambar kapal. Dalam mendesain gambar, dibutuhkan data spesifik permintaan pemilik kapal, yang nantinya akan diterjemahkan dalam bentuk gambar, spesifikasi dan data yang lebih mendetail. Proses desain dari sebuah kapal merupakan suatu proses yang berulang-ulang, dan saling berhubungan, yang nantinya terbagi lagi ke dalam beberapa tahap detail.

Pada umumnya, permintaan dari pemilik kapal adalah terdiri dari kapasitas daya angkut muatan (*payload*), kecepatan dinas, dan rute pelayaran yang diminta, yang umumnya disebut *owner's requirement*. Peranan seorang desainer kapal adalah mampu menerjemahkan ketiga poin tersebut dan mampu melakukan proses desain kapal yang sesuai sehingga memberikan keuntungan pada saat pengoperasian kapal tersebut. Sedangkan di sisi lain, dalam proses desain kapal terdapat batasan-batasan yang dibuat oleh pemilik kapal, diantaranya adalah biaya kapal baik berupa biaya pembangunan ataupun biaya operasional, regulasi-regulasi yang berlaku, serta batasan wilayah operasional kapal seperti sarat di dermaga dan kondisi gelombang. Sehingga dengan adanya *owner's requirements* dan batasan-batasan tersebut, tugas utama seorang desainer kapal adalah mampu mendesain kapal yang dapat memenuhi kedua hal tersebut.

II.2. Teori Desain Kapal

Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral (*the spiral design*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar II. 1. "*The Spiral Diagram*" Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract deign*, dan *detail design*. (Watson, 1998)



Gambar II. 1. “The Spiral Diagram”

II.2.1 Concept Design

Concept design atau konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi designer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap.

II.2.2 Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan diagram spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan merupakan lintasan kedua pada diagram spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal,

pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain.

II.2.3 Contract Design

Tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*, yakni tahap pengembangan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi:

- *Arrangement drawing*
- *Structural drawing*
- *Structural details*
- *Propulsion arrangement*
- *Machinery selection*
- *Propeller selection*
- *Generator selection*
- *Electrical selection*

Komponen-komponen di atas disebut juga dengan *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

II.2.4 Detail Design

Detail design adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang lebih detail secara menyeluruh. Tahapan ini mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk proses produksi.

II.3. Metode Perancangan Kapal

Secara umum, metode-metode dalam perancangan kapal dapat dijabarkan antara lain sebagai berikut:

II.3.1 Parent Design Approach

Parent design approach merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini desainer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai performansi yang baik.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja, dan performance kapal terbukti baik.

II.3.2 Trend Curve Approach

Trend Curve Approach atau biasanya disebut dengan metode statistik memakai sistem regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama kapal. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding, kemudian dikomparasi dimana variabel dihubungkan dan ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

II.3.3 Iterative Design Approach

Iterative design adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping*, *testing*, dan *analyzing*. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

II.3.4 Parametric Design Approach

Parametric design approach adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter, misalnya (L, B, T, Cb, LCB dan lain-lain) sebagai ukuran utama

kapal yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatan totalnya, merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

II.3.5 Optimization Design Approach

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari dengan menemukan desain yang akan meminimalkan *economic cost* (biaya ekonomi agar seminimal mungkin). Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, freeboard, trim, dan harga kapal itu sendiri.

II.4. Sapi

Pemilihan jenis muatan ternak yang diangkut adalah jenis sapi bali. Sapi bali merupakan jenis sapi lokal Indonesia yang telah dikembangkan, dari keturunan asli banteng (*Bos Sondaicus*) yang telah mengalami proses penjinakkan atau domestikasi. (Bandini, 1999)

Sapi Bali mempunyai beberapa keunggulan dari segi genetik, umur, jenis kelamin, lokasi anatomi daging dan kesehatan ternak, sehingga daging yang dihasilkan baik dengan prosentase karkas yang tinggi, berkisar 56% - 57% dan kandungan lemak dalam daging yang rendah sekitar 0,6% (*Peni dan Levine, 1987*). Akan tetapi kualitas daging juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti pakan ternak, perlakuan sesaat sebelum disembelih, kebersihan tempat dan alat – alat penyembelihan, kebersihan alat angkut, dan lain – lain.

II.4.1 Karakteristik Sapi Bali

Gambar II. 2. Sapi Bali menunjukkan karakteristik yang dimiliki Sapi Bali, yaitu memiliki warna bulu yang khas. Pedet (anak sapi) memiliki warna bulu merah sawo matang atau merah bata. Pada sapi dewasa betina warna akan tetap, tetapi untuk jantan berubah menjadi kehitam – hitaman. Terdapat warna putih pada bagian – bagian tertentu, misalnya pada keempat kakinya, dengan batas yang jelas, terlihat juga pada bagian pantat di bawah ekor.



Gambar II. 2. Sapi Bali

Sapi merupakan salah satu hewan bertipe dwiguna, yaitu dapat digunakan sebagai ternak pekerja dan ternak potong. Sapi bali mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan Banteng, hanya saja ukurannya lebih kecil karena akibat dari proses domestikasi.

Tinggi sapi dewasa mencapai 130 cm, berat badan antara 300 – 400 kg, Jantan kebiri dapat mencapai 450 kg.

Tabel II. 1. Rata – rata ukuran tubuh sapi bali menunjukkan rata – rata ukuran tubuh sapi bali dewasa menurut jenis kelamin di empat daerah pengembang.

Tabel II. 1. Rata – rata ukuran tubuh sapi bali

U	Uraian	Bali	NTB	NTT	Sul - Sel
kur an tub uh	Jantan				
	Lingkar dada	185,5	182	180,4	181,4
	Tinggi gumba	125,4	124,3	126	122,3
	Panjang Badan	142,3	133,6	134,8	125,6
se ena rny	Betina				
	Lingkar dada	160,8	160	158,6	160
	Tinggi gumba	113,6	112,5	114	105,4
	Panjang Badan	118,5	116	118,4	117,2

a sapi bali sangat bervariasi tergantung dari daerah asal dan tempat hidupnya.

II.4.2 Pemberian Pakan Dan Minum

Pakan ternak sapi pada umumnya berupa pakan hijauan dan pakan konsentrat/penguat yang berupa pakan butiran yang diberikan untuk menggembukkan sapi. (Sujatman, 2013)Pakan konsentrat yang diberikan adalah 3% - 5% dari berat badan sapi

dan pakan tersebut berasal dari biji – bijian seperti jagung giling, menir, bulgur, dedak dan katul dengan campuran teles dan umbi – umbian.

Sedangkan pakan hijauan untuk sapi potong untuk sapi potong – dewasa – yang akan diberikan per hari adalah $\pm 10\%$ dari berat badan (Yulianto dan Saprinto, 2011), yang dapat berupa rumput raja, rumput gajah, rumput benggala, rumput setaria, rumput meksiko, kacang – kacangan (leguminose), atau limbah pertanian.

Selain itu, ternak juga harus diberikan minum yang berupa air tawar bersih. Dimana minum yang diberikan biasanya adalah 20 – 40 liter/ekor/hari.

II.4.3 Sistem Perkandangan

Sistem perkandangan harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mempermudah proses bongkar – muat, menghindari sapi mengalami stress dan terjadinya penurunan berat badan akibat terserang penyakit. Oleh karena itu, harus diperhatikan kesejahteraan muatan, seperti yang tercantum dalam *UU no. 6/1967, pasal 22*, yang berisi *kesejahteraan hewan selama dalam proses pengangkutan*. Sistem perkandangan juga harus dibuat sesuai dengan desain dan fungsi kapal.

Beberapa persyaratan yang diperlukan dalam sistem perkandangan untuk difungsikan pada ternak adalah sebagai berikut : (Rasyid & Hartati, 2007)

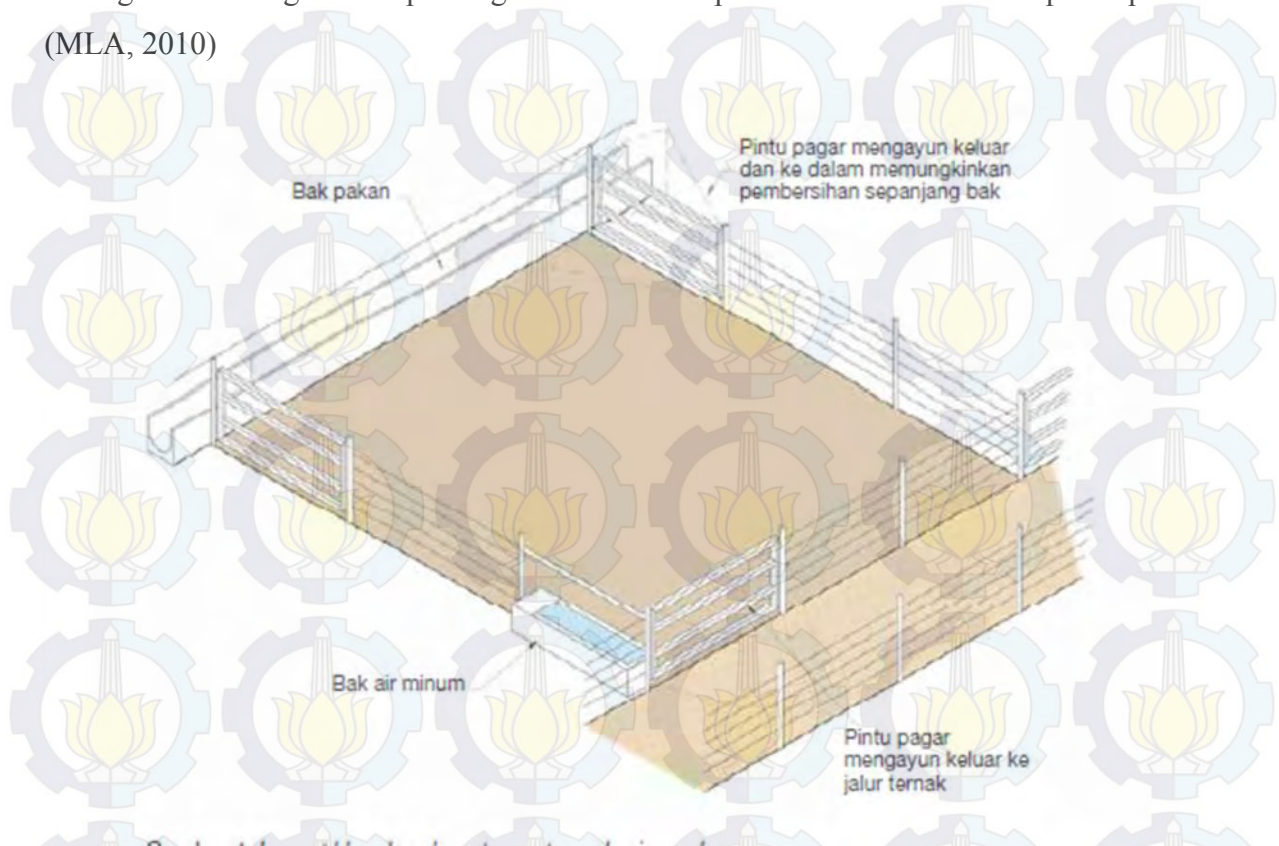
1. Memenuhi persyaratan kesehatan ternak.
2. Mempunyai ventilasi yang baik.
3. Efisiensi dalam pengelolaan.
4. Melindungi ternak dari pengaruh iklim dan cuaca.
5. Tidak berdampak terhadap lingkungan luar.
6. Tidak memerlukan pengontrolan suhu.
7. Tidak memerlukan pengontrolan cahaya.

Ukuran dan desain kandang sapi tergantung kapasitas kandang, kepadatan ternak dan jumlah bak pakan sapi yang diperlukan, selain itu juga perlu diperhatikan penentuan tipe lantai tkandang serta sistem ventilasi yang sesuai dengan kondisi muatan. Sistem ventilasi merupakan faktor penting dalam sistem perkandangan karena dalam pengangkutan, misalnya kapal, panas dalam ruang muat, terutama bagian lambung, akan mengalami peningkatan level panas yang akan membahayakan muatan ternak itu sendiri.

Gambar II. 3. Sketsa kandang sapi memberikan sketsa kandang sapi secara umum. Kepadatan ternak didasarkan pada ukuran hewan. Kandang yang tertutup

sepenuhnya dapat menampung ternak lebih padat, yaitu berkisar $2,5 - 4 \text{ m}^2$ per kepala sedangkan kandang tertutup sebagian memiliki kepadatan antara $5 - 9 \text{ m}^2$ per kepala.

(MLA, 2010)



Gambar II. 3. Sketsa kandang sapi

II.4.3.1 Dinding Bangunan Kandang

Beberapa material yang biasa digunakan untuk dinding bangunan kandang, yaitu sebagai berikut :

1. Tembok batu bata.
2. Tembok dari balok – balok beton.
3. Tembok dinding beton.
4. Kayu.
5. Logam yang digalvanisasi atau diberi lapisan pelindung lain.
6. Kayu lapis.
7. Hard board.
8. Asbestos.
9. Macam – macam material dari jenis plastik.

II.4.3.2 Tipe lantai kandang

Pertimbangan yang harus diperhatikan dalam perencanaan lantai kandang. Berikut ini karakteristik yang diinginkan dari lantai tersebut :

(Rasyid & Hartati, 2007)

1. Kuat dan Tahan lama.
2. Tidak licin walaupun tanpa lapisan pelunak.
3. Tidak menyerap air.
4. Mudah dibersihkan.
5. Tahan terhadap cairan kimia, air kencing dan makanan tertentu.
6. Tidak menyebabkan kelembaban.
7. Sebagai isolasi panas terhadap ternak.
8. Memberikan kenyamanan, hangat, relatif lunak dan kering.
9. Memiliki kemiringan 2% – 5% untuk mempermudah pembersihan kandang.

II.4.4 Sistem Ventilasi Ruang Muat

Ventilasi atau peredaran udara didefinisikan sebagai proses pemasukkan ataupun pengeluaran udara baik secara alami ataupun secara mekanis/buatan. Ventilasi udara memegang peranan penting dalam menjaga kualitas udara dan kenyamanan di dalam suatu ruangan. Jadi ventilasi sangatlah penting keberadaannya dalam upaya kenyamanan ternak itu sendiri.

Dalam dunia peternakan tujuan sistem ventilasi adalah untuk menyeragamkan kondisi udara di setiap ruangan. Keseragaman tersebut dapat diperoleh dengan cara mengontrol kecepatan ventilasi yang direncanakan. Dalam mengontrol kecepatan ventilasi ada dua metode yang dapat digunakan, yaitu metode sistem ruangan yang mendapat tekanan dan metode pemberian exhaustor – fan outlet. Namun dalam pemilihan sistem ventilasi udara tergantung pada bangunan itu sendiri, apakah bangunan tersebut mempunyai banyak lubang dan celah yang tidak kedap udara atau bangunan dengan konstruksi yang kedap udara.

II.4.5 Pengendalian Ternak

Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh organisasi internasional, *World Organization for Animals Health*, pengurus hewan ternak harus memahami poin – poin berikut :

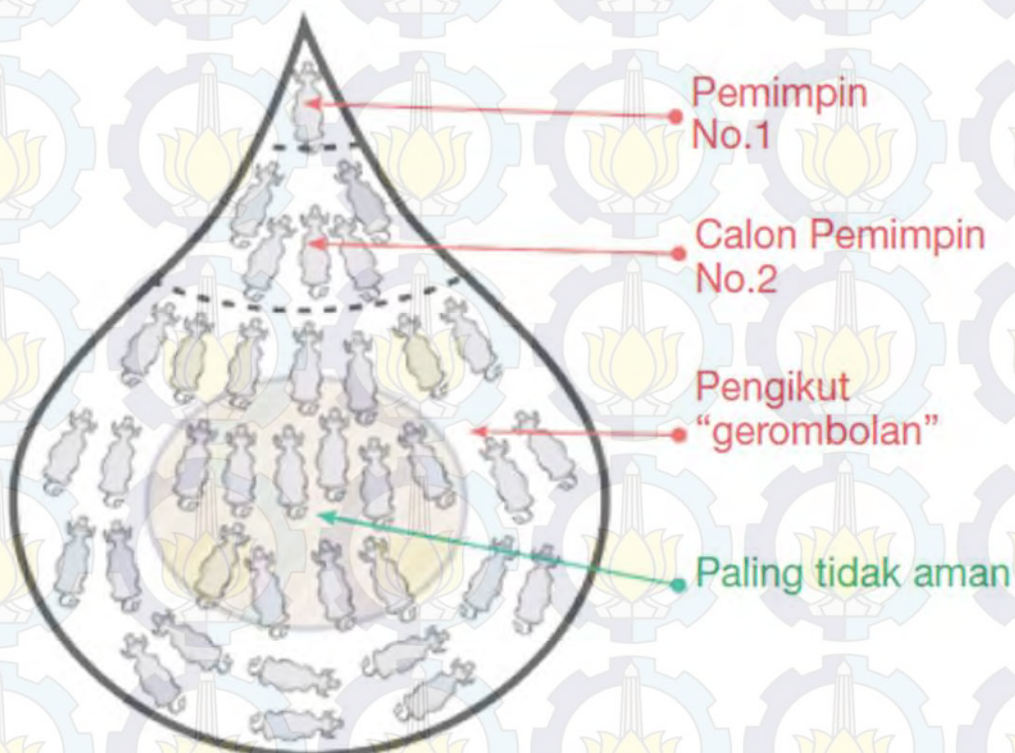
1. Ternak domestik hidup dalam kelompok dan mengikuti pemimpin dengan naluri.

Dalam setiap kawanan ternak seperti yang ditunjukkan pada Gambar II. 4.

Struktur dari kawanan sapi, ada struktur yang selalu dipertahankan. Tidak semua hewan memiliki karakteristik yang sama, tapi secara umum kawanan diklasifikasikan sebagai berikut :

- Pemimpin : pemimpin berada di depan, memberi arah dan menetapkan langkah.
- Pemimpin potensial : berada tepat dibekang pemimpin dalam kawanan.
- Yang paling tidak aman : hewan – hewan yang berada di tengah kawanan dan memiliki flight zone yang sangat besar.
- Pengikut : sebagian besar dalam kawanan. Mereka melihat ke pemimpin untuk stabilitas dan arah.

Untuk penanganan, hewan yang paling penting adalah pemimpin. Menemukan pemimpin dan memberikannya arah akan sulit, tapi jika sudah tercapai, struktur kawanan akan berkembang dan pergerakan akan menjadi mudah.



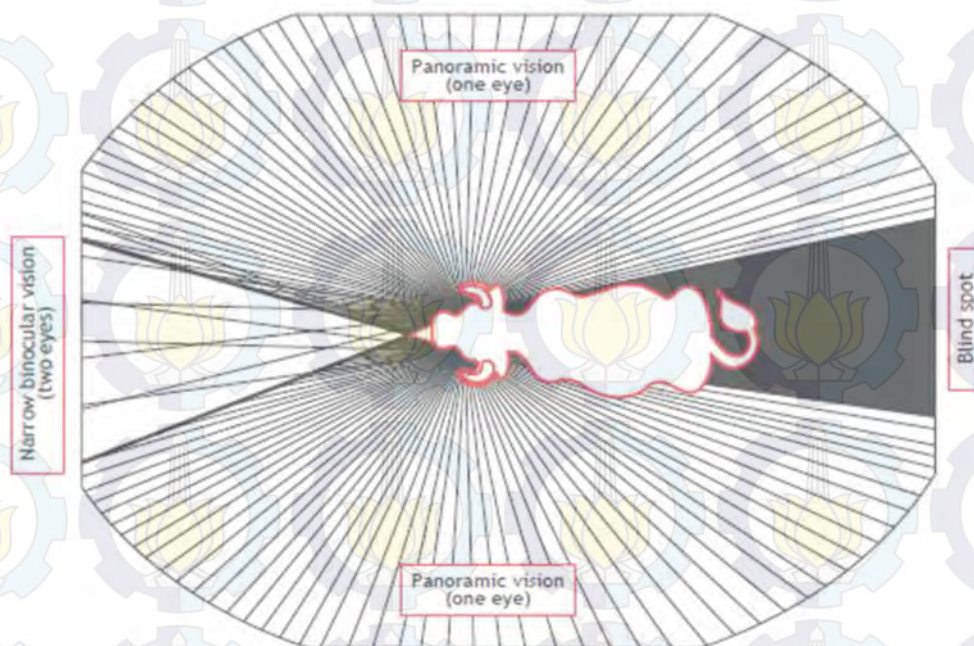
Gambar II. 4. Struktur dari kawanan sapi

2. Hewan memiliki flight-zone alami.

Flight zone adalah jarak kritis antara manusia dengan hewan ternak yang dapat menyebabkan hewan ternak dapat dengan mudah melarikan diri dalam waktu yang cepat. Hewan yang sudah dekat dengan manusia dan ditangani secara teratur memiliki flight zone kecil, dan dapat disentuh tanpa bergerak menjauh. Hewan yang dibesarkan dengan sistem penggembalaan ekstensif umumnya memiliki flight zone yang besar dan mudah menjauh ketika didekati.

3. Indera hewan (terutama penglihatan dan suara) dan bagaimana indera-indera ini mempengaruhi arahan oleh pengurus.

Sapi menggunakan indera penglihatan untuk melakukan komunikasi. Penglihatan sapi merupakan penglihatan panorama seperti ditunjukkan pada Gambar II. 5. Bidang panorama penglihatan sapi, tetapi tidak bisa melihat kebelakang – titik buta (*blind spot*). Pengurus tidak boleh memposisikan dirinya di titik buta.

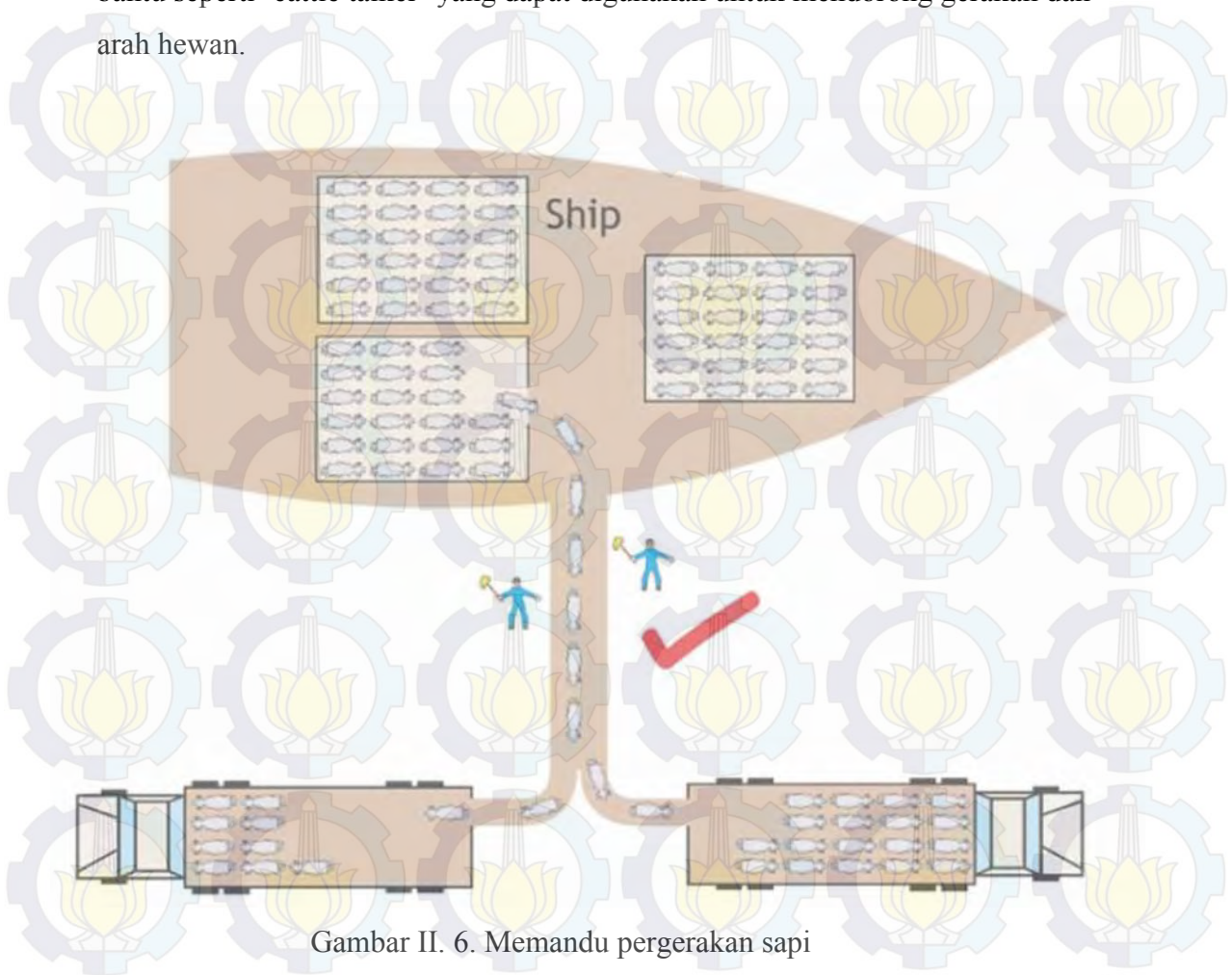


Gambar II. 5. Bidang panorama penglihatan sapi

Selain indera penglihatan, indera lain yang harus diperhatikan ketika bekerja adalah :

- Pendengaran : kebisingan menyebabkan stress.
 - Penciuman : sapi menjadi stress dengan adanya bau aneh atau darah.
4. Hewan harus ditangani secara seimbang untuk menghindari kerugian, penderitaan atau cedera.

5. Gambar II. 6. Memandu pergerakan sapi menunjukkan pengurus menggunakan alat bantu seperti 'cattle talker' yang dapat digunakan untuk mendorong gerakan dan arah hewan.



Gambar II. 6. Memandu pergerakan sapi

6. Praktek-praktek yang tidak dapat diterima termasuk membuat suara yang akan menggelisahkan hewan, menggunakan alat - alat yang dapat menyebabkan rasa sakit atau stress, memukul hewan, hewan berjalan di atas hewan lain.

II.5. Beras

Beras adalah bagian bulir padi (gabah) yang telah dipisah dari sekam. Sekam (Jawa *merang*) secara anatomi disebut 'palea' (bagian yang ditutupi) dan 'lemma' (bagian yang menutupi). (<http://id.wikipedia.org/wiki/Beras>)



Gambar II. 7. Beras

Sumber : www.hargasumut.org

II.5.1 Sifat Fisiokimia

Sifat – sifat fisiokimia beras sangat menentukan mutu tanak dan mutu rasa nasi yang dihasilkan. Lebih khusus lagi, mutu ditentukan oleh kandungan amilosa, kandungan protein, dan kandungan lemak. Pengaruh lemak terutama muncul setelah gabah atau beras disimpan. Kerusakan lemak mengakibatkan penurunan mutu beras. (Haryadi, 2006)

Selain kandungan amilosa dan protein, sifat fisikokimia beras yang berkaitan dengan mutu beras adalah sifat yang berkaitan dengan perubahan karena pemanasan dengan air, yaitu suhu gelatinasi padi, pengembangan volume, penyerapan air, viskositas pasta dan konsistensi gel pati. Sifat-sifat tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan bekerja sama dan saling berpengaruh menentukan mutu beras, mutu tanak, dan mutu rasa nasi. (Haryadi, 2006)

II.5.2 Macam – Macam Teknis Pemuatan Beras

Berikut ini macam – macam teknis pemuatan beras di dalam kapal :

1. Bentuk Curah

Pemuatan beras dalam bentuk curah atau tanpa kemasan (*unpackaged*) biasa dilakukan pada kapal Bulk Carrier.

2. Dikemas dalam karung

Cara seperti ini biasa dilakukan pada kapal General Cargo dimana beras dikemas dalam kantung plastik transparan atau karung plastic. Ukuran kemasan kantung plastik bervariasi dari 2,5-10 kg, sedangkan karung plastik 25-50 kg. Pada kemasan plastik transparan atau karung plastik biasanya ditampilkan nama produk dan logo atau gambar disalah satu sisi dan sisi lainnya dicantumkan keterangan uji laboratorium dari

lembaga tertentu yang menyebutkan bahwa beras tersebut bebas dari residu pestisida dan pupuk kimia serta kandungan gizinya.

II.6. Sistem Bongkar Muat

Dalam proses bongkar muat, kapal harus dilengkapi peralatan bongkar muat (*cargo handling*). Instalasi *cargo handling* terdiri dari beberapa peralatan yang saling berkesinambungan. Persediaan peralatan bongkar muat akan dapat mempercepat proses bongkar muat dan dapat mengurangi biaya pelabuhan.

Masing – masing muatan memiliki teknis pemuatan dan penurunan muatan tersendiri, untuk muatan sapi dengan menggunakan jembatan rampa sedangkan muatan beras dengan menggunakan *crane*.

II.6.1 Muatan Sapi

Cara penanganan sapi dalam kapal akan dapat menentukan bagaimana proses bongkar muat sapi tersebut. Penanganan sapi dikategorikan menjadi 4 cara penanganan :

1. Penanganan dengan pembatasan gerak dan berada dalam suatu kelompok di tempat terbatas.
2. Penanganan suatu kelompok dengan tahapan sapi dari kandang, digiring dalam suatu jalur kemudian ditangkap dalam suatu tempat individual.
3. Penanganan dengan cara dimasukkan dalam kandang yang individual.
4. Penanganan individu menggunakan tali dan peralatan yang didesain secara khusus atau memang diperuntukkan untuk sapi.

Oleh karena itu diperlukan suatu jalur giring – jembatan rampa – untuk mempermudah proses bongkar muat pada sapi. Gambar II. 8. Jembatan rampa menunjukkan gambar jembatan rampa yang digunakan sebagai jalur giring sapi, dimana panjang dan lebar disesuaikan dengan kondisi muatan. Untuk panjang disesuaikan dengan ketinggian geladak sedangkan kemiringan yang disarankan dapat dilalui sapi adalah 25° – 30° . (Grandin, 1990)

Konstruksi jembatan rampa harus disesuaikan dengan yang diisyaratkan, sehingga dapat membantu proses bongkar – muat muatan dan menjaga keselamatan muatan selama proses bongkar – muat. Lantai dasar jembatan rampa diberi penahan untuk mencegah sapi terpeleset saat berjalan, jarak antar penahan adalah 20 cm, disesuaikan dengan langkah sapi. Sedangkan bagian pagar jembatan rampa disarankan berupa pagar tertutup dengan

rangka pada sisi luar, namun apabila pagar didesain terbuka maka salah satu pagar harus tertutup, dengan tinggi minimal 60 cm. (Grandin, 1990)



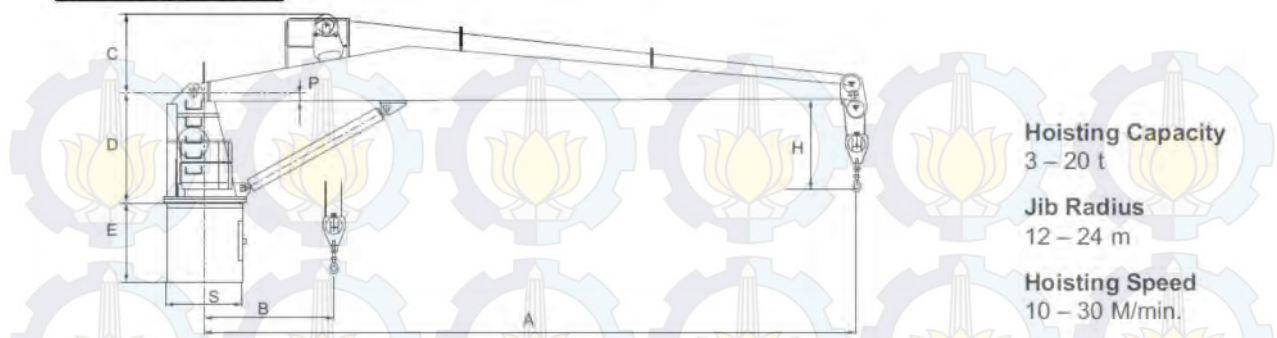
Gambar II. 8. Jembatan rampa

Sumber : www.mla.com.au

II.6.2 Muatan Barang

Sistem bongkar muat pada muatan barang adalah dengan menggunakan *ship crane* seperti terlihat pada Gambar II. 9. *Ship Crane*. Alat ini biasanya terletak di bagian tengah kapal dan berfungsi untuk mengangkat *cargo* dari dalam kapal menuju ke dermaga, begitu pula sebaliknya. Lengan dari *crane* kapal harus cukup panjang, sehingga dapat memindahkan *cargo* dari lubang palkah ke dermaga. Sistem pada *ship crane* sama dengan *crane* pada umumnya, yakni menggunakan kabel baja, dengan motor sebagai penggerakannya.

Cylinder Type Crane



Gambar II. 9. *Ship Crane*

Sumber : www.nauticexpo.com

II.7. Tinjauan Daerah

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) terletak antara $11^{\circ} 10' - 7^{\circ} 30' \text{ L.S}$ dan $118^{\circ} 30' - 125^{\circ} 20' \text{ B.T}$ dan memiliki total luas daratan sebesar 47.350 km^2 dengan jumlah penduduk sebesar 4.683.827 jiwa. NTT memiliki 566 pulau dengan 43 diantaranya merupakan pulau berpenghuni, dengan satu kota administratif, 21 kabupaten, 287 kecamatan dan 2.769 desa.

Seperti halnya Nusa Tenggara Barat (NTB), NTT merupakan provinsi yang didominasi oleh kepulauan, tiga pulau utama di provinsi ini adalah Pulau Flores, Pulau Sumba, dan Pulau Timor Barat. Sedangkan pulau-pulau lainnya diantaranya adalah Adonara, Alor, Babi, Besar, Bidadari, Dana, Komodo, Rinca, Lomblen, Loren, Ndao, Palue, Pamana, Pamana Besar, Pantar, Rusa, Raijua, Rote (merupakan pulau paling selatan di Indonesia), Sawu, Semau dan Solor. Gambar II. 10. Peta Nusa Tenggara Timur merupakan peta dari NTT.



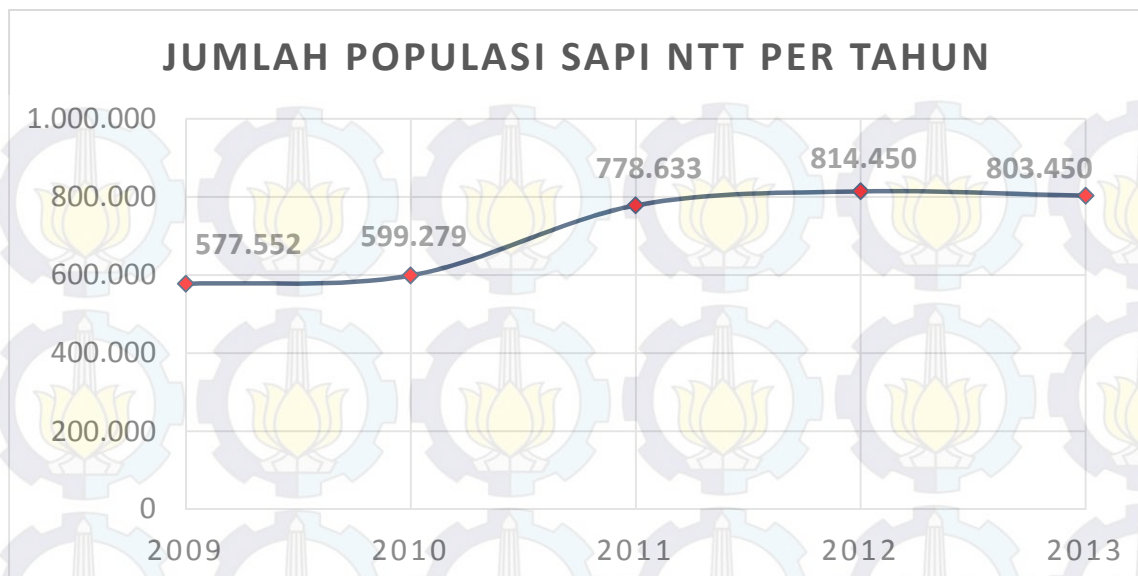
Gambar II. 10. Peta Nusa Tenggara Timur

Sumber : www.goseentt.com

II.7.1 Peternakan Di NTT

Sub sektor peternakan di provinsi NTT memiliki lahan peternakan sebesar 832.228 Ha dengan pembagian pengembangan ternak besar di Pulau Timor, Rote dan Sumba, sedangkan pengembangan ternak kecil di Pulau Flores, Lembata, Alor, Solor, Adonara dan Sabu Raijua. Ditinjau dari tingkat penyebarannya, sebagian besar populasi sapi potong terkonsentrasi di Pulau Timor, diikuti Pulau Flores, Sumba dan Kep. Alor.

Berdasarkan data yang diperoleh, pada tahun 2009 jumlah produksi ternak sapi terus meningkat hingga tahun 2012, namun menurun pada tahun 2013. Berikut ini grafik populasi sapi di provinsi NTT pada tahun 2009-2013 seperti ditunjukkan pada Gambar II. 11. Grafik jumlah populasi di NTT per tahun.



Gambar II. 11. Grafik jumlah populasi di NTT per tahun

Sumber : ntt.bps.go.id/index.php/pertanian/peternakan

Grafik di atas menjelaskan bahwa terjadi peningkatan produksi peternakan di NTT pada tahun 2012, hingga pada akhirnya menurun pada tahun 2013. Selanjutnya diperlukan data berupa tingkat konsentrasi populasi sapi tersebut di tiap tahunnya, untuk mengetahui dimanakah letak daerah dengan tingkat populasi tertinggi di NTT, untuk menentukan pemilihan pelabuhan yang sesuai, yang pada akhirnya menentukan rute dari kapal yang akan didesain. Data tersebut hanya didapatkan pada rentang tahun 2011 – 2013, seperti dapat dilihat pada Tabel II. 2. Jumlah populasi sapi tiap Kabupaten/Kota:

Tabel II. 2. Jumlah populasi sapi tiap Kabupaten/Kota

ntt.bps.go.id/index.php/pertanian/peternakan

No.	Kabupaten/Kota	2011	2012	2013
1	Sumba Barat	1.208	1.264	1.279
2	Sumba Timur	53.051	55.491	51.579
3	Kabupaten Kupang	151.250	158.208	147.498
4	Timor Tengah Selatan	167.834	175.554	161.990
5	Timor Tengah Utara	98.631	103.168	105.580
6	Belu	111.180	116.294	115.826
7	Alor	4.351	4.551	4.513
8	Lembata	3.607	3.773	4.301

9	Flores Timur	1.591	1.664	1.934
10	Sikka	11.271	11.789	13.271
11	Ende	29.447	30.802	33.685
12	Ngada	21.523	22.513	25.757
13	Manggarai	21.870	22.876	24.013
14	Rote Ndao	39.479	41.295	43.953
15	Manggarai Barat	10.312	10.786	12.533
16	Sumba Tengah	5.462	2.901	5.391
17	Sumba Barat Daya	2.773	5.713	2.025
18	Nagekeo	24.301	25.419	27.281
19	Manggarai Timur	12.062	12.617	12.420
20	Sabu Raijua	2.646	2.768	3.378
21	Kota Kupang	4.784	5.004	5.243
JUMLAH		778.633	814.450	803.450

Dari
tabel di atas
dapat
diketahui
bahwa

terdapat perbedaan yang mencolok di beberapa kabupaten/kota, hal ini dikarenakan faktor lokasi dan kondisi geografis di beberapa daerah berbeda-beda dan juga tergantung pada kepadatan penduduk serta luas pulau. Maka dari itu nantinya data tersebut akan diolah kembali sesuai dengan kondisi kepulauan, untuk mengetahui bahwa di daerah pulau manakah letak konsentrasi populasi sapi tertinggi berada

II.7.2 Jumlah Penduduk Di NTT

Jumlah penduduk di NTT cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sesuai dengan data sensus penduduk yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi NTT. Berikut ini data jumlah penduduk NTT pada tahun 1980, 1990, 2000, 2008, 2009, 2010, 2011 dan 2012 seperti yang ditunjukkan pada Tabel II. 3. Jumlah penduduk NTT.

Tabel II. 3. Jumlah penduduk NTT

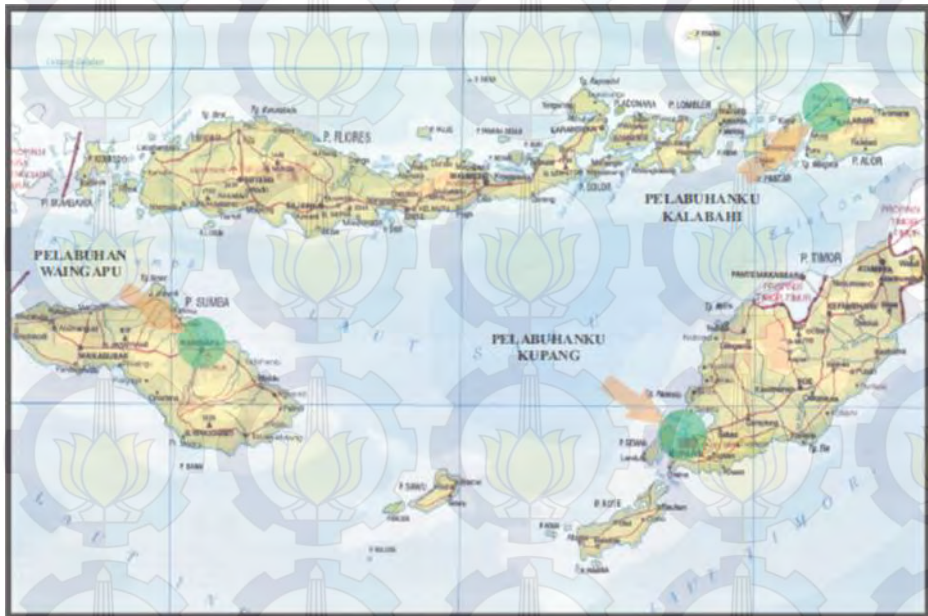
Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk							
	1980*)	1990*)	2000*)	2008	2009	2010	2011	2012
Sumba Barat	232 101	291 921	365 200	106 524	108 644	110 993	113 189	116 621
Sumba Timur	123 078	152 946	190 450	228 351	233 568	227 732	232 237	238 241
Kupang	403 167	522 944	444 800	383 896	394 173	304 548	310 573	321 384
Timor Tengah Selatan	289 655	348 067	404 700	417 942	419 984	441 155	449 881	453 386
Timor Tengah Utara	134 092	163 052	198 600	213 153	214 842	229 803	234 349	238 426
Belu	181 073	216 060	256 600	441 451	465 933	352 297	359 266	370 770
Alor	124 948	144 629	163 350	180 487	181 913	190 026	193 785	196 179
Lembata	-	-	85 570	106 312	108 152	117 829	120 160	124 912
Flores Timur	257 687	265 759	186 330	234 076	238 166	232 605	237 207	241 053
Sikka	219 656	246 867	264 650	278 628	279 464	300 328	306 269	309 074
Ende	201 609	218 841	230 150	238 127	238 195	260 605	265 761	267 262
Ngada	172 575	198 100	222 050	133 406	135 294	142 393	145 210	148 969
Manggarai	397 525	499 458	632 300	512 065	274 984	292 451	298 236	307 140
Rote Ndao	-	-	-	114 236	115 874	119 908	122 280	125 035
Manggarai Barat	-	-	-	206 367	211 614	221 703	226 089	236 604
Sumba Tengah	-	-	-	60 173	61 370	62 485	63 721	65 606
Sumba Barat Daya	-	-	-	261 211	266 408	284 903	290 539	302 241
Nagekeo	-	-	-	124 992	126 761	130 120	132 694	135 419
Manggarai Timur	-	-	-	-	244 798	252 744	257 744	263 786
Sabu Raijua	-	-	-	-	-	72 960	74 403	75 048
Kota Kupang	-	-	238 150	292 922	299 518	336 239	342 892	362 104
NTT	2 737 166	3 268 644	3 882 900	4 534 319	4 619 655	4 683 827	4 776 485	4 899 260

Laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,07%. Jumlah penduduk laki-laki sebanyak 2.326.487 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 2.357.340 jiwa (2010). Kepadatan penduduk di Nusa Tenggara Timur sebesar 96 jiwa/km², dengan presentasi penduduk yang tinggal di perkotaan kurang lebih 20%, dan sisanya sebesar 80% mendiami kawasan pedesaan. Sebagian besar penduduk beragama Kristen dengan rincian persentase kurang lebih sebagai berikut Katolik 54,14% Protestan 34,74%, Islam 9,05% , Hindu 0,11% Buddha 0,01% dan sebanyak 1,73% menganut agama dan kepercayaan lainnya.

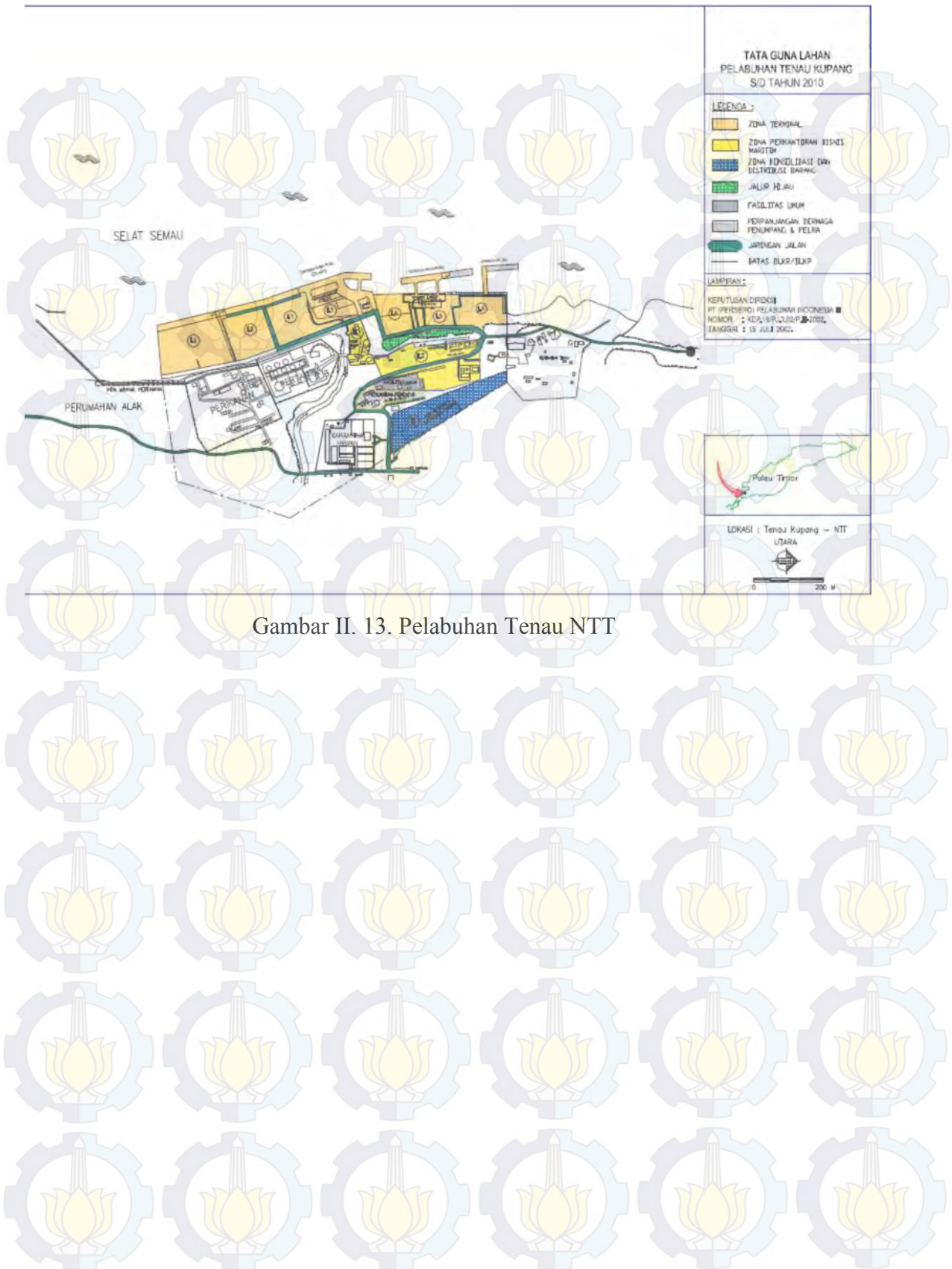
I.1.1. II.7.3 Pelabuhan Di NTT

Secara umum kondisi infrastruktur transportasi di NTT masih terbatas. Dari lima pelabuhan laut komersial di NTT dapat dilihat pada Gambar II. 12. Peta letak pelabuhan di NTT , hanya Pelabuhan Laut Tenau (Kupang) yang dapat disandari kapal besar sampai dengan 10.000 dead weight ton (DWT) dengan fasilitas peti kemas, sementara pelabuhan laut lainnya hanya dengan kapasitas kapal maksimum relatif kecil (kurang dari 2.000 DWT). Kondisi pelabuhan penyeberangan juga masih terbatas. Kecuali Pelabuhan Penyeberangan Bolok (Kupang) yang memiliki dua dermaga, pelabuhan lainnya hanya memiliki satu dermaga saja. Dalam hal infrastruktur jalan, secara umum kondisi jalan nasional yang dilalui truk yang menjadi sampel dalam studi ini dalam kondisi yang baik, namun cakupan dan kualitas jalan kabupaten/kota masih rendah.

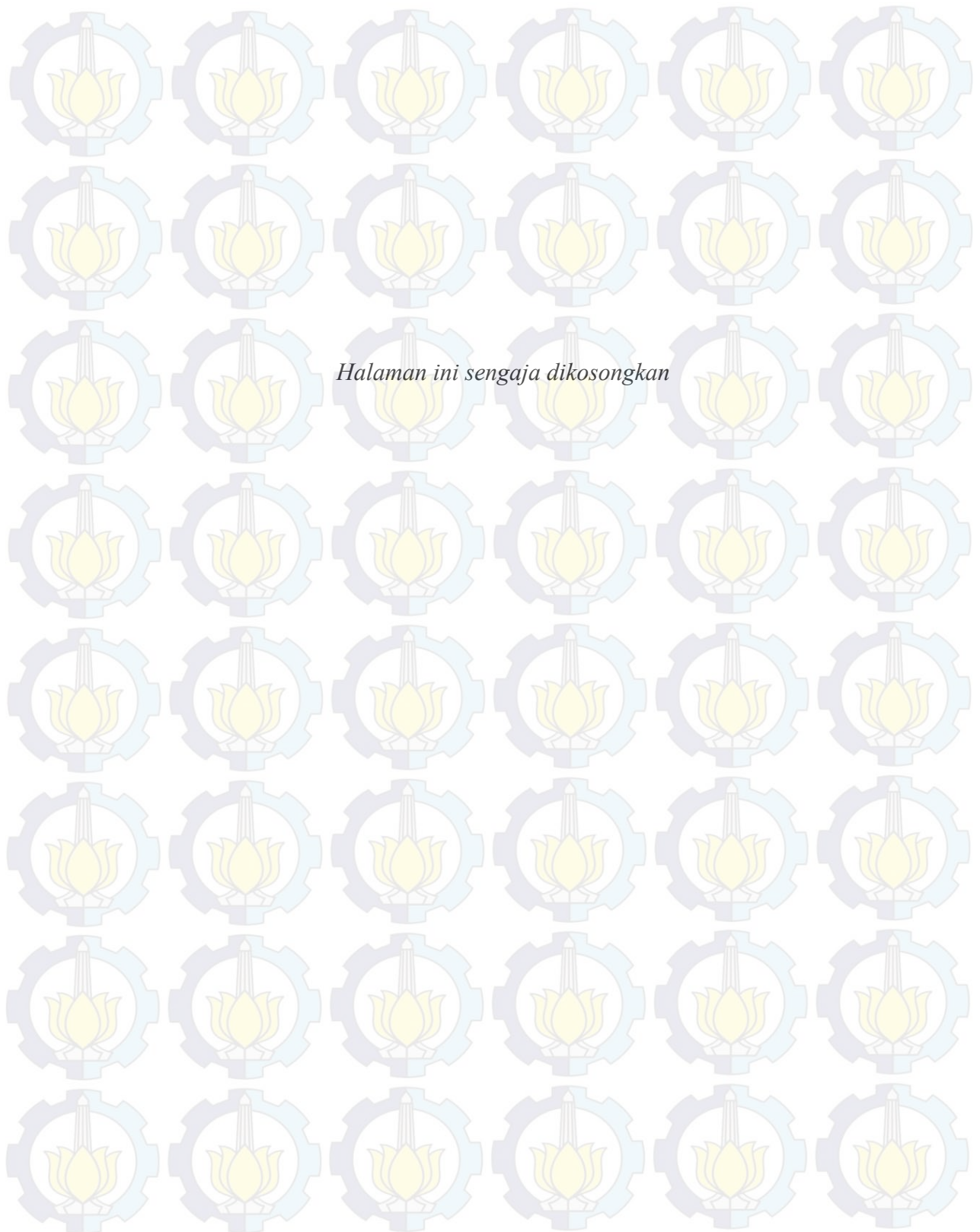
Ketergantungan NTT terhadap wilayah lain di Indonesia, terutama Surabaya, sangat besar dengan pola pusat - pinggiran. Sebagian besar barang kebutuhan pokok, sekunder, dan tersier, berasal dari luar NTT, dengan Surabaya sebagai pemasok utama. Sebagian besar barang dengan tujuan Provinsi NTT diangkut dengan kapal laut dari Surabaya ke Pelabuhan Laut Tenau di Kupang yang tercermin dari tingginya volume bongkar-muat dan dari ukuran serta jenis kapal yang berlabuh di Tenau. Demikian juga sebaliknya, barang-barang dari seluruh NTT yang menuju Surabaya maupun wilayah luar NTT lainnya sebagian besar melalui Kupang yang juga merefleksikan pentingnya Kupang sebagai pe-ngumpul. Namun demikian, beberapa pusat perekonomian di Pulau Flores, terutama di bagian barat, langsung berhubungan dengan Surabaya tanpa melalui Kupang.



Gambar II. 12. Peta letak pelabuhan di NTT



Gambar II. 13. Pelabuhan Tenau NTT



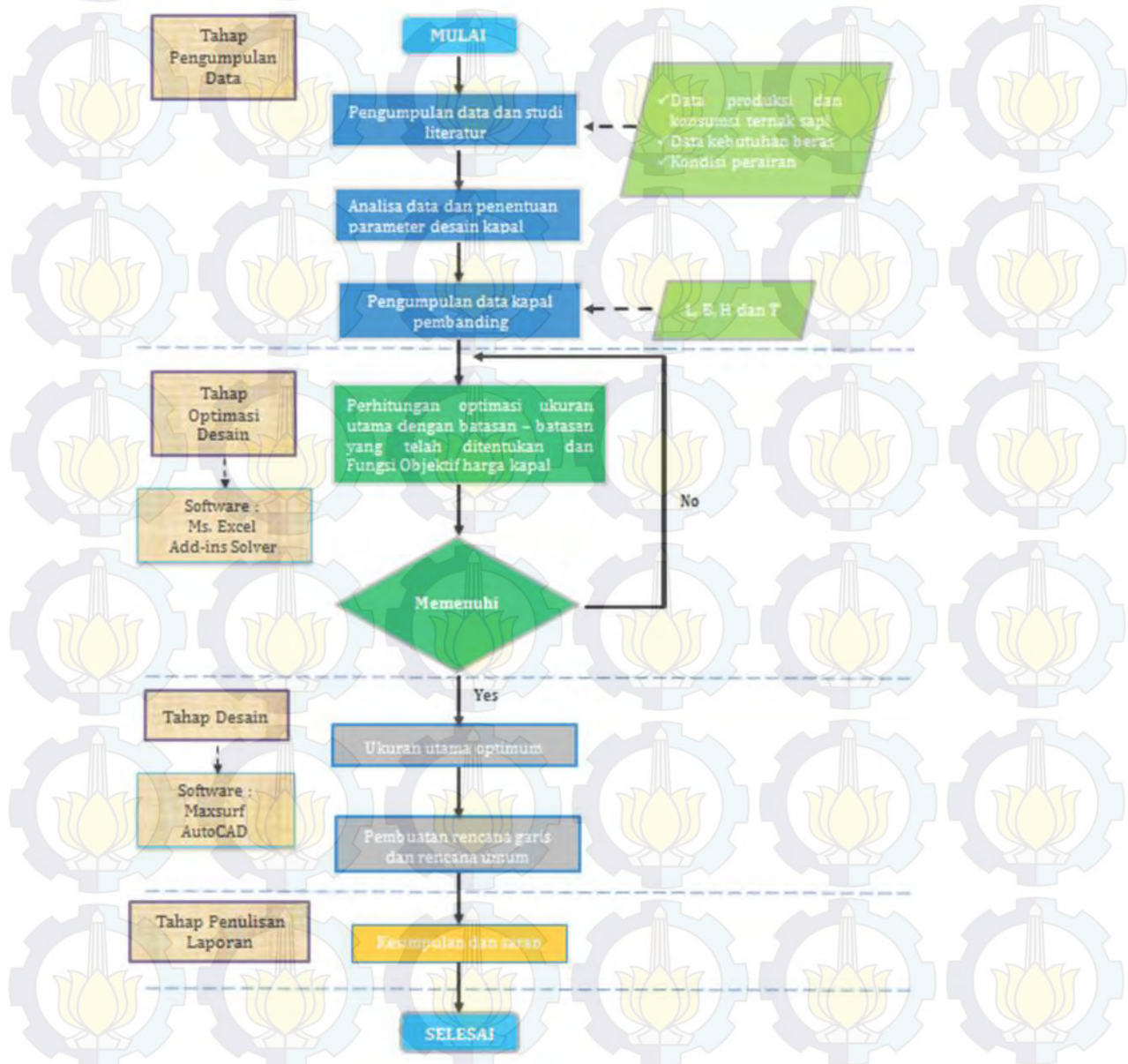
BAB III

METODOLOGI

IV.1. Metode Pengerjaan

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana langkah - langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini. Digambarkan dengan diagram alir pengerjaan, kemudian dijelaskan setiap poin yang ada dalam diagram alir tersebut.

IV.2. Diagram Alir



Gambar III. 1. Diagram alir metodologi penelitian

IV.3. Langkah Pengerjaan

Secara umum tahap dari pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

III.3.1 Pengumpulan Data

Data yang dimaksud adalah segala sesuatu acuan yang digunakan untuk menunjang perancangan kapal 2 in 1. Data yang dibutuhkan antara lain :

1. Jumlah ternak sapi dan barang

Data mengenai jumlah ternak sapi yang akan didistribusikan dari NTT ke Surabaya dan data jumlah barang yang akan di kirim balik dari Surabaya ke NTT. Data – data ini diperoleh dari media cetak dan elektronik provinsi NTT dan Jawa Timur. Dari data kapal ini dapat dikembangkan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal yang akan dirancang.

2. Kondisi perairan NTT ke Surabaya

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang kedalaman perairan, jarak rute pelayaran dan fasilitas pelabuhan yang ada. Dari kedalaman perairan didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sehingga dapat mengurangi resiko kapal kandas. Jarak rute pelayaran perlu diketahui untuk mengetahui waktu tempuh kapal dalam sekali angkut.

III.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan tugas akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai :

1. Bongkar muat, sanitasi dan ventilasi

Dalam perencanaan kapal perlu diketahui bagaimana cara bongkar muat dari kapal ini hal ini dikarenakan kapal akan mengangkut 2 muatan yaitu sapi dan barang. Perlu di tata cara penataan ruang muat yang sesuai dengan kondisi kedua muatan. Khusus ntuk muatan ternak perlu diketahui sistem sanitasi dan ventilasi ruang muat. Jenis dan karakteristik komponen sanitasi dan ventilasi harus disesuaikan dengan kondisi sapi.

2. Kapal 2 in 1

Perlu diketahui mengenai desain kapal 2 in 1 ini. Kapal ini didesain dengan acuan menggunakan acuan kapal *cargo - passengers* , dimana aturan atau rule

mengenai kapal jenis ini disesuaikan dengan aturan kapal *cargo - passengers* dan kapal barang.

3. Metode perancangan kapal

Ada beberapa metode dalam proses perancangan kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemilihan metode yang tepat untuk perancangan kapal 2 in 1 ini.

III.3.3 Analisa Data Awal

Setelah data – data yang diperlukan sudah terkumpul. Kemudian disesuaikan dengan literature yang sudah untuk dilakukan analisa data. Analisa ini dilakukan untuk menentukan jumlah muatan yang akan diangkut, konsep pengangkutan dan bongkar muat kapal dan penentuan data kapal pembanding. Penentuan data kapal pembanding sesuai dengan jumlah muatan yang akan diangkut.

III.3.4 Optimasi Ukuran Utama

Dalam menentukan optimasi ukuran utama kapal, terlebih dahulu dilakukan optimasi dari data-data yang sudah didapat. Model optimasi dibuat sedemikian rupa agar memenuhi semua kriteria yang diisyaratkan. Dari model optimasi yang akan dibuat, ditentukan dahulu variable, parameter, konstanta, fungsi objektif dan batasannya.

1. Variable

Nilai yang akan di cari atau variable dalam proses optimasi ini adalah panjang, lebar, tinggi dan sarat.

2. Konstanta

Yang termask dalam konstanta adalah berat jenis air, percepatan gravitasi, berat jenis baja dll.

3. Parameter

Yang termasuk dalam proses optimasi ini adalah :

- Jumlah muatan yang direncanakan
Jumlah muatan yang direncanakan diasumsikan sebagai owner requirement.

- Kedalaman perairan dan kecepatan relatif angina
Kedalaman perairan ini diambil dari kedalaman perairan di jalur pelayaran NTT – Surabaya. Untuk kedalaman perairan di wilayah operasional diambil kedalaman yang paling dalam.

4. Batasan

Batasan ditentukan berdasarkan rule yang berlaku. Dengan adanya batasan ini maka variable yang didapatkan tidak akan menyalahi aturan. Batasan yang dibuat adalah :

- Displasmen

Berat total kapal ($LWT + DWT$) yang dirancang harus berada pada rentang displasmen hasil perhitungan $L \times B \times T \times C_B$

- Trim

- Freeboard

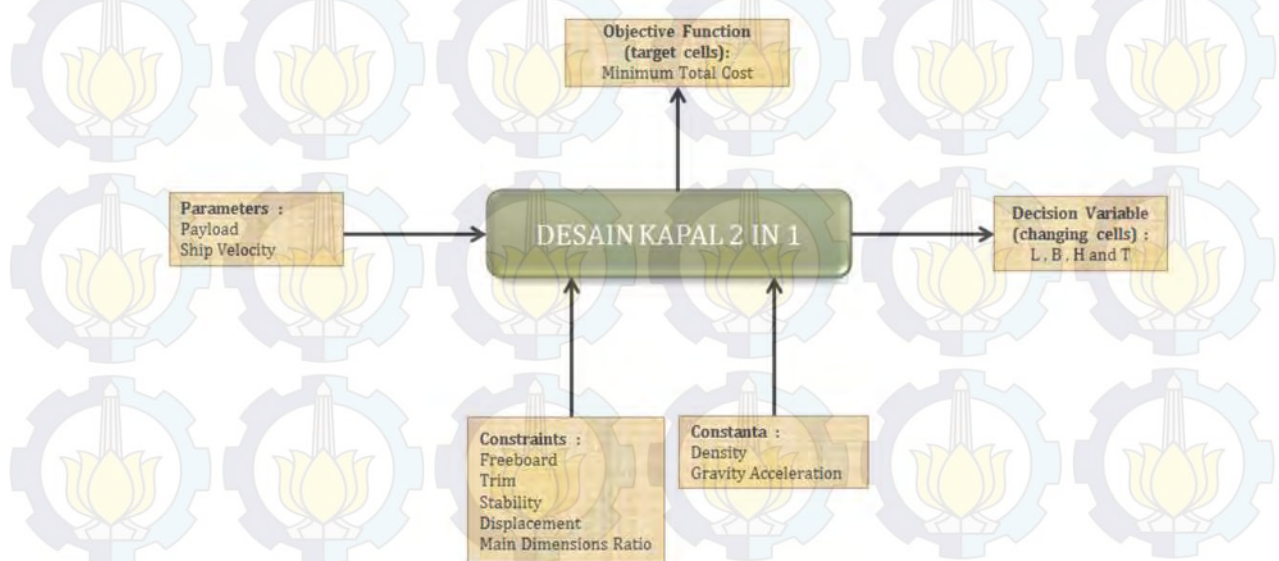
Acuan lambung timbul nantinya digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi kapal dalam muatan penuh.

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO Regulation untuk menghitung *intact stability*. (IMO Regulation A.749.18, 2007).

III.3.5 Proses Optimasi Kapal

Dengan menggunakan batasan-batasan yang telah didapatkan dari perhitungan kapal pembanding, serta dengan memperhatikan jumlah payload dan kecepatan kapal maka dapat dilakukan proses optimasi ukuran utama kapal. Dimana harga kapal dijadikan acuan dalam proses optimasi ini seperti dapat dilihat pada Gambar III. 2. Skema optimasi ukuran utama kapal.



Gambar III. 2. Skema optimasi ukuran utama kapal

III.3.6 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum Kapal.

Dalam pembuatan rencana garis kapal dilakukan dengan bantuan software maxsurf. Dari desain yang telah dibuat di maxsurf dapat langsung diambil linesplannya. Kemudian untuk memperhalus linesplannya dilakukan dengan menggunakan software AutoCAD.

III.3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada.

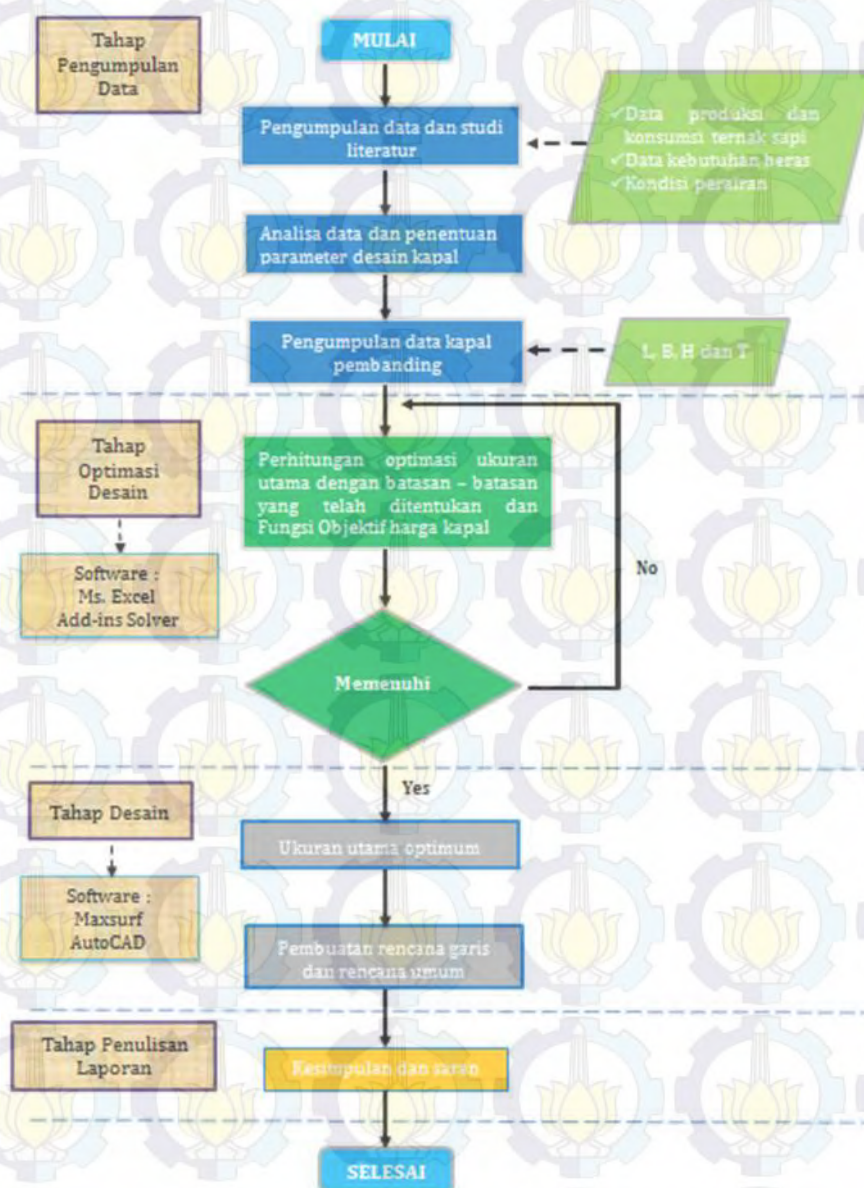
Saran dibuat untuk menyempurnakan apa yang belum tercakup dalam proses perancangan kapal ini.

BAB III METODOLOGI

IV.1. Metode Pengerjaan

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana langkah - langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini. Digambarkan dengan diagram alir pengerjaan, kemudian dijelaskan setiap poin yang ada dalam diagram alir tersebut.

IV.2. Diagram Alir



Gambar III. 1. Diagram alir metodologi penelitian

IV.3. Langkah Pengerjaan

Secara umum tahap dari pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

III.3.1 Pengumpulan Data

Data yang dimaksud adalah segala sesuatu acuan yang digunakan untuk menunjang perancangan kapal 2 in 1. Data yang dibutuhkan anatar lain :

1. Jumlah ternak sapi dan barang

Data mengenai jumlah ternak sapi yang akan didistribusikan dari NTT ke Surabaya dan data jumlah barang yang akan di kirim balik dari Surabaya ke NTT. Data – data ini diperoleh dari media cetak dan elektronik provinsi NTT dan Jawa Timur. Dari data kapal ini dapat dikembangkan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal yang akan dirancang.

2. Kondisi perairan NTT ke Surabaya

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang kedalaman perairan, jarak rute pelayaran dan fasilitas pelabuhan yang ada. Dari kedalaman perairan didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sehingga dapat mengurangi resiko kapal kandas. Jarak rute pelayaran hperlu diketahui untuk mengetahui waktu tempuh kapal dalam sekali angkut.

III.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan tugas akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai :

1. Bongkar muat, sanitasi dan ventilasi

Dalam perencanaan kapal perlu diketahui bagaimana caran bongkar muat dari kapal ini hal ini dikarenakan kapal akan mengangkut 2 muatan yaitu sapid an barang. Perlu di tata cara penataan ruang muat yang sesuai dengan kondisi kedua muatan. Khusus ntuk muatan ternak perlu diketahui sistem sanitasi dan ventilasi ruang muat. Jenis dan karakteristik komponen sanitasi dan ventilasi harus disesuaikan denga kondisi sapi.

2. Kapal 2 in 1

Perlu diketahui mengenai desain kapal 2 in 1 ini. Kapal ini didesain dengan acuan menggunakan acuan kapal *cargo - passengers* , dimana aturan atau rule

mengenai kapal jenis ini disesuaikan dengan aturan kapal *cargo - passengers* dan kapal barang.

3. Metode perancangan kapal

Ada beberapa metode dalam proses perancangana kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemilihan metode yang tepat untuk perancangan kapal 2 in 1 ini.

III.3.3 Analisa Data Awal

Setelah data – data yang diperlukan sudah terkumpul. Kemudian disesuaikan dengan literature yang sudah untuk dilakukan analisa data. Analisa ini dilakukan untuk menentukan jumlah muatan yang akan diangkut, konsep pengangkutan dan bongkar muat kapal dan penentuan data kapal pembanding. Penentuan data kapal pembanding sesuai dengan jumlah muatan yang akan diangkut.

III.3.4 Optimasi Ukuran Utama

Dalam menentukan optimasi ukuran utama kapal, terlebih dahulu dilakukan optimasi dari data-data yang sudah didapat. Model optimasi dibuat sedemikian rupa agar memenuhi semua kriteria yang diisyaratkan. Dari model optimasi yang akan dibuat, ditentukan dahulu variable, parameter, konstanta, fungsi objektif dan batasannya.

1. Variable

Nilai yang akan di cari atau variable dalam proses optimasi ini adalah panjang, lebar, tinggi dan sarat.

2. Konstanta

Yang termask dalam konstanta adalah berat jenis air, percepatan gravitasi, berat jenis baja dll.

3. Parameter

Yang termasuk dalam proses optimasi ini adalah :

- Jumlah muatan yang direncanakan

Jumlah muatan yang direncanakan diasumsikan sebagai owner requirement.

- Kedalaman perairan dan kecepatan relatif angina

Kedalaman perairan ini diambil dari kedalaman perairan di jalur pelayaran NTT – Surabaya. Untuk kedalaman perairan di wilayah operasional diambil kedalaman yang paling dalam.

4. Batasan

Batasan ditentukan berdasarkan rule yang berlaku. Dengan adanya batasan ini maka variable yang didapatkan tidak akan menyalahi aturan. Batasan yang dibuat adalah :

- Displasmen

Berat total kapal ($LWT + DWT$) yang dirancang harus berada pada rentang displasmen hasil perhitungan $L \times B \times T \times C_B$

- Trim

- Freeboard

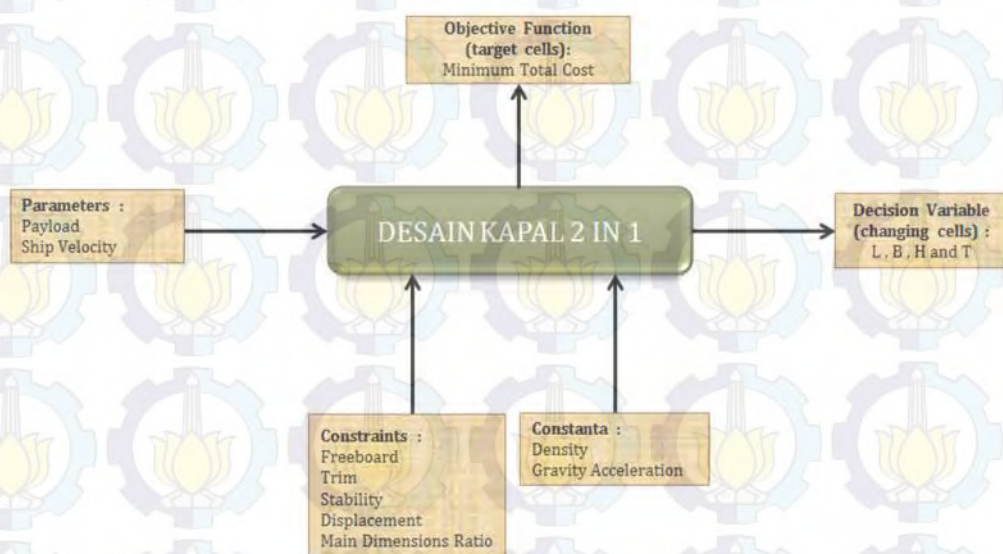
Acuan lambung timbul nantinya digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi kapal dalam muatan penuh.

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO Regulation untuk menghitung *intact stability*. (IMO Regulation A.749.18, 2007).

III.3.5 Proses Optimasi Kapal

Dengan menggunakan batasan-batasan yang telah didapatkan dari perhitungan kapal pembanding, serta dengan memperhatikan jumlah payload dan kecepatan kapal maka dapat dilakukan proses optimasi ukuran utama kapal. Dimana harga kapal dijadikan acuan dalam proses optimasi ini seperti dapat dilihat pada Gambar III. 2. Skema optimasi ukuran utama kapal.



Gambar III. 2. Skema optimasi ukuran utama kapal

III.3.6 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum Kapal.

Dalam pembuatan rencana garis kapal dilakukan dengan bantuan software maxsurf. Dari desain yang telah dibuat di maxsurf dapat langsung diambil linesplannya. Kemudian untuk memperhalus linesplannya dilakukan dengan menggunakan software AutoCAD.

III.3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan apa yang belum tercakup dalam proses perancangan kapal ini.

BAB IV

DESAIN KAPAL 2 IN 1

IV.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses penentuan jumlah muatan dan menentukan ukuran utama kapal. Selain itu juga akan di bahas mengenai perhitungan hambatan, perhitungan berat dan titik berat kapal, trim, stabilitas dan lain – lain. Dalam perhitungan tersebut harus memenuhi kriteria – kriteria yang harus terpenuhi, seperti kriteria IMO (*International Maritime Organization*). Di bab ini juga akan dibahas pembuatan rencana garis dan rencana umum kapal.

IV.2. Penentuan Jumlah Muatan

Langkah awal yang dilakukan untuk mendesain kapal adalah menentukan *Owner's Requirement*. Dimana sebagai seorang *designer* harus bisa memenuhinya untuk bisa melakukan desain kapal.

Dalam tugas akhir ini, didasarkan pada jumlah muatan yang diangkut dari Pelabuhan Tenau NTT ke Surabaya maupun sebaliknya. Dalam penentuan jumlah muatan ini juga harus memperhatikan kecepatan kapal. Kecepatan kapal ini ditentukan berdasarkan kapal yang sudah ada dan berlayar sesuai dengan rute kapal yang direncanakan. Dalam kapal 2 in 1 ini, muatan yang diangkut adalah ternak sapi dan beras yang dikemas. Pada Tabel IV. 1. Perencanaan waktu menjelaskan tentang perencanaan waktu dan muatan yang akan dijadikan sebagai parameter desain kapal.

Tabel IV. 1. Perencanaan waktu

Item		Value	Unit
Rute Pelayaran NTT - Surabaya :		698	nm
Kecepatan Dinas :		13	knot
Waktu	Waktu tempuh sekali jalan :	53,7	jam
	Sea Time :	116,333	jam
	Port Time :	75	jam
	Roundtrip Time :	191,33	jam
Total Time :		7,6	hari

IV.2.1 Muatan Ternak

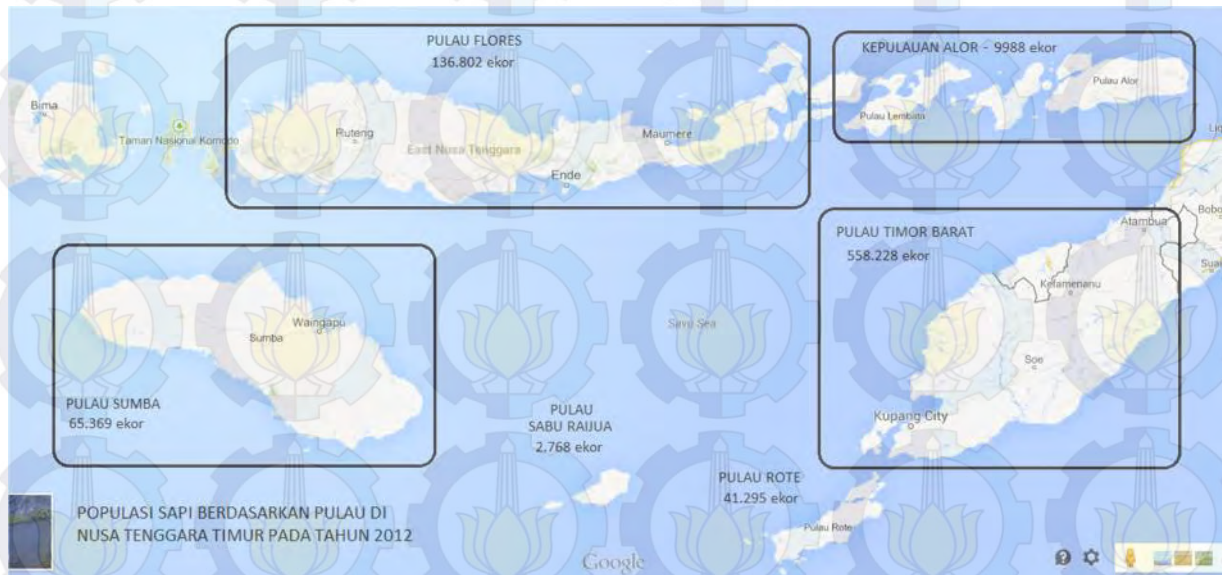
Pada saat kapal berlayar dari NTT ke Surabaya muatan yang diangkut adalah muatan ternak sapi. Maka dari itu dibutuhkan data awal untuk merencanakan muatan kapal, yaitu data dari populasi sapi di NTT. Data tersebut diperoleh untuk kemudian diolah dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam melihat laju pertumbuhan di setiap tahunnya.

Tabel IV. 2. Populasi Sapi per Kabupaten/Kota di NTT Tahun 2011-2013

No.	Kabupaten/Kota	2011	2012	2013
1	Sumba Barat	1.208	1.264	1.279
2	Sumba Timur	53.051	55.491	51.579
3	Kabupaten Kupang	151.250	158.208	147.498
4	Timor Tengah Selatan	167.834	175.554	161.990
5	Timor Tengah Utara	98.631	103.168	105.580
6	Belu	111.180	116.294	115.826
7	Alor	4.351	4.551	4.513
8	Lembata	3.607	3.773	4.301
9	Flores Timur	1.591	1.664	1.934
10	Sikka	11.271	11.789	13.271
11	Ende	29.447	30.802	33.685
12	Ngada	21.523	22.513	25.757
13	Manggarai	21.870	22.876	24.013
14	Rote Ndao	39.479	41.295	43.953
15	Manggarai Barat	10.312	10.786	12.533
16	Sumba Tengah	5.462	2.901	5.391
17	Sumba Barat Daya	2.773	5.713	2.025
18	Nagekeo	24.301	25.419	27.281
19	Manggarai Timur	12.062	12.617	12.420
20	Sabu Raijua	2.646	2.768	3.378
21	Kota Kupang	4.784	5.004	5.243
JUMLAH		778.633	814.450	803.450

Dari data di atas dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan populasi sapi yang relatif besar pada masing-masing kabupaten/kota di NTT. Langkah berikutnya adalah menentukan

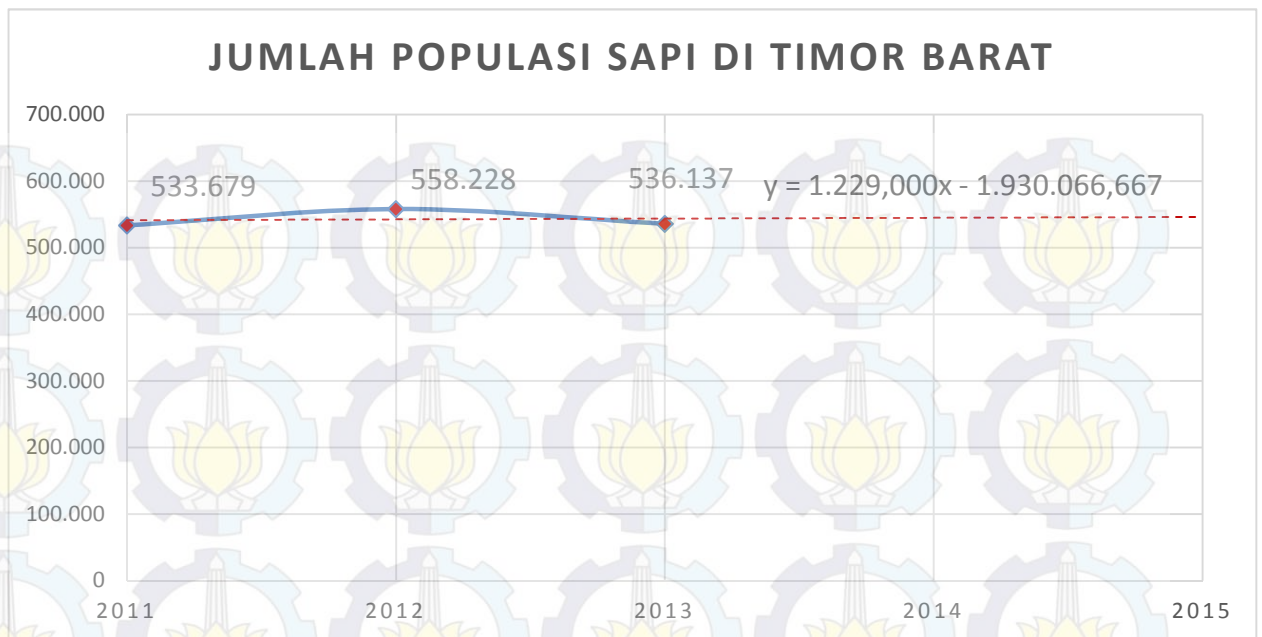
daerah/pulau yang mempunyai populasi sapi terbesar. Maka dari itu terlebih dahulu ditentukan daerah/pulau apa saja yang akan dibagi di dalam Provinsi NTT untuk kemudian akan dijadikan acuan sebagai daerah pengoperasian kapal yang sedang didesain. Pada merupakan gambar pembagian sesuai peta di NTT dan data yang diambil adalah pada tahun 2012.



Gambar IV. 1. Peta Populasi Sapi Berdasarkan Daerah/Pulau di NTT Tahun 2012

Dari gambar di atas maka dapat disebutkan bahwa populasi sapi di NTT dengan tingkat konsentrasi atau kepadatan paling tinggi adalah di Pulau Timor bagian barat, yaitu pada tahun 2012 terdapat sebanyak 558.228 ekor sapi. Dimana kepadatan tertinggi kedua berada di Pulau Flores yaitu sebanyak 136.802 ekor, kemudian Pulau Sumba sebanyak 65.369 ekor, selanjutnya di Pulau Rote sebanyak 41.295 ekor, kemudian Kepulauan Alor dengan 9.988 ekor, dan terakhir berada di Pulau Sabu Raijua sebanyak 2.768 ekor.

Setelah pemetaan populasi setiap pulau dilakukan langkah selanjutnya adalah mencari prediksi untuk populasi sapi di Pulau Timor bagian barat untuk tahun 2015. Proses prediksi kali ini yaitu menggunakan regresi linier dari jumlah populasi yang ada di Pulau Timor bagian barat saja, dengan data yang didapatkan adalah rentang tahun 2011 hingga 2013. Seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.



Gambar IV. 2. Grafik Prediksi Populasi Sapi di Pulau Timor Bagian Barat

Dan dari grafik tersebut terdapat persamaan garis linier yang dapat dijabarkan dalam tabel populasi sapi di tahun 2011-2015 dibawah berikut.

Tabel IV. 3. Prediksi Populasi Sapi di Pulau Timor Bagian Barat

Tahun	Jumlah
2011	533,679
2012	558,228
2013	536,137
2014	545,139
2015	546,368

Maka dapat dikatakan bahwa pada tahun 2015 populasi sapi di Pulau Timor bagian barat adalah sekitar 546,368 ekor. Selanjutnya dalam penentuan muatan disesuaikan dengan berat sapi per ekor.

Berat sapi : 400 - 500 kg

Berat rata-rata : 0,45 ton

Berat sapi di Timor Barat pada tahun 2015 = 245.865,750 ton/tahun
= 673,60 ton/hari

Maka didapat daging sapi yang dapat dimuat adalah sebesar 673,60 ton/hari.

Langkah selanjutnya dalam mendapatkan jumlah muatan yang diangkut adalah dengan melakukan perbandingan konsumsi daging dengan jumlah penduduk penduduk Pulau Timor bagian barat. Maka dari itu dibutuhkan data dari jumlah penduduk di pulau tersebut, prediksi

untuk tahun 2015, dan dikalikan dengan tingkat konsumsi daging sapi untuk penduduk tersebut. Berikut data untuk penduduk di Provinsi NTT, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV. 4. Jumlah Penduduk di NTT Tahun 1980-2012

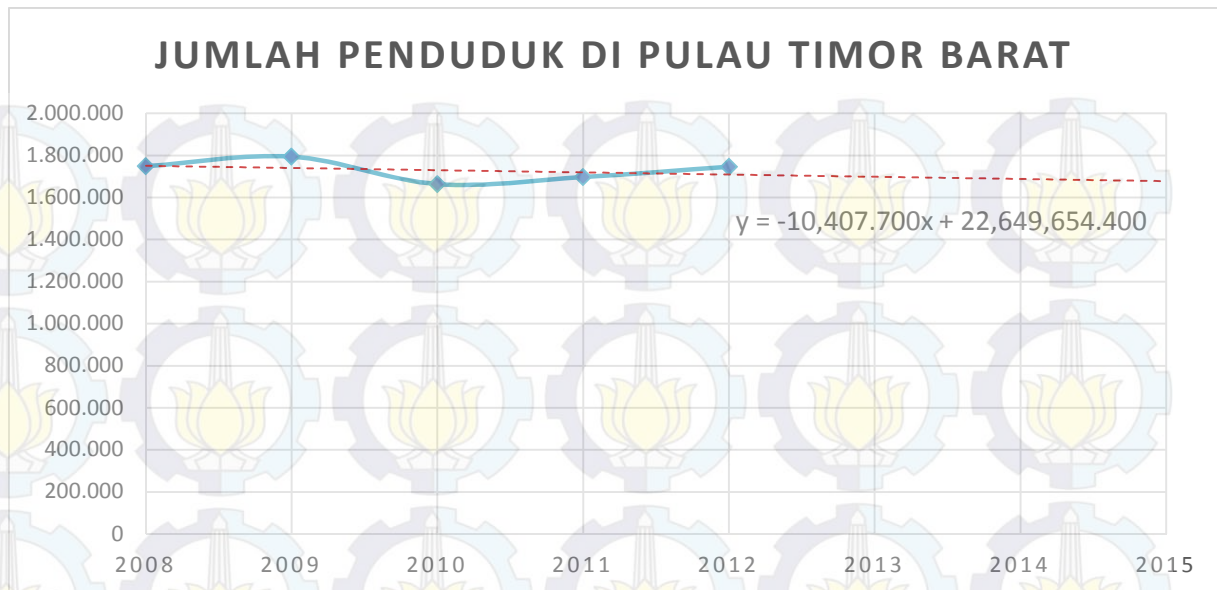
Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk							
	1980*)	1990*)	2000*)	2008	2009	2010	2011	2012
Sumba Barat	232 101	291 921	365 200	106 524	108 644	110 993	113 189	116 621
Sumba Timur	123 078	152 946	190 450	228 351	233 568	227 732	232 237	238 241
Kupang	403 167	522 944	444 800	383 896	394 173	304 548	310 573	321 384
Timor Tengah Selatan	289 655	348 067	404 700	417 942	419 984	441 155	449 881	453 386
Timor Tengah Utara	134 092	163 052	198 600	213 153	214 842	229 803	234 349	238 426
Belu	181 073	216 060	256 600	441 451	465 933	352 297	359 266	370 770
Alor	124 948	144 629	163 350	180 487	181 913	190 026	193 785	196 179
Lembata	-	-	85 570	106 312	108 152	117 829	120 160	124 912
Flores Timur	257 687	265 759	186 330	234 076	238 166	232 605	237 207	241 053
Sikka	219 656	246 867	264 650	278 628	279 464	300 328	306 269	309 074
Ende	201 609	218 841	230 150	238 127	238 195	260 605	265 761	267 262
Ngada	172 575	198 100	222 050	133 406	135 294	142 393	145 210	148 969
Manggarai	397 525	499 458	632 300	512 065	274 984	292 451	298 236	307 140
Rote Ndao	-	-	-	114 236	115 874	119 908	122 280	125 035
Manggarai Barat	-	-	-	206 367	211 614	221 703	226 089	236 604
Sumba Tengah	-	-	-	60 173	61 370	62 485	63 721	65 606
Sumba Barat Daya	-	-	-	261 211	266 408	284 903	290 539	302 241
Nagekeo	-	-	-	124 992	126 761	130 120	132 694	135 419
Manggarai Timur	-	-	-	-	244 798	252 744	257 744	263 786
Sabu Raijua	-	-	-	-	-	72 960	74 403	75 048
Kota Kupang	-	-	238 150	292 922	299 518	336 239	342 892	362 104
NTT	2 737 166	3 268 644	3 882 900	4 534 319	4 619 655	4 683 827	4 776 485	4 899 260

Setelah mengetahui data dari jumlah penduduk di NTT, maka akan diambil untuk jumlah penduduk di Pulau Timor bagian barat saja. Pada pulau tersebut, terdiri dari 1 kota dan 4 kabupaten, yaitu Kota Kupang, Kabupaten Timor Tengah Utara, Timor Tengah Selatan, dan Belu. Maka selanjutnya diambil atau diseleksi data penduduk untuk kota dan kabupaten yang telah disebutkan saja untuk jangka tahun yang berurutan saja, yaitu 2008-2012, sehingga data jumlah penduduk di Pulau Timor bagian barat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV. 5. Jumlah Penduduk di Pulau Timor bagian Barat Tahun 2008-2012

Tahun	Jumlah Penduduk
2008	1,749,364
2009	1,794,450
2010	1,664,042
2011	1,696,961
2012	1,746,070

Selanjutnya akan dilakukan prediksi untuk jumlah penduduk di Pulau Timor bagian barat tersebut hingga pada tahun 2015, dengan menggunakan regresi linier dari *software Microsoft Excel 2013*, dan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar IV. 3. Grafik Jumlah Penduduk di Pulau Timor Barat

Dari grafik tersebut maka dapat diketahui bahwa dapat diketahui jumlah penduduk di Pulau Timor Bagian Barat hingga tahun 2015 adalah seperti tertera pada tabel berikut.

Tabel IV. 6. Jumlah Penduduk di Pulau Timor Bagian Barat Tahun 2008-2015

Tahun	Jumlah Penduduk
2008	1,749,364
2009	1,794,450
2010	1,664,042
2011	1,696,961
2012	1,746,070
2013	1,698,954
2014	1,688,547
2015	1,678,139

Dengan demikian telah diketahui bahwa jumlah penduduk di Pulau Timor bagian barat pada tahun 2015 adalah sebesar 1,678,139 jiwa.

Langkah selanjutnya adalah untuk mengetahui tingkat konsumsi daging sapi dari jumlah penduduk tersebut. Pada umumnya tingkat konsumsi daging sapi rata-rata untuk penduduk Indonesia adalah sebesar 1.87/kg/kapita/tahun. Sehingga konsumsi daging sapi untuk penduduk di Pulau Timor bagian barat adalah:

$$\begin{aligned}
 1.87 \times 1,678,139 &= 3,138,120 \text{ kg/tahun} \\
 &= 3,138.120 \text{ ton/tahun} \\
 &= 8.6 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

Jumlah ternak sapi pada tahun 2015

546368,333 ekor

Berat sapi di Timor Barat pada tahun 2015 245.865,75 ton/tahun

Berat karkas : 47 - 57 % \approx 50 % dari bobot sapi

Berat daging : 75 % dari berat karkas

Faktor karkas : $0.45 * 52\% * 75\%$
0,1755

Berat daging di Timor Barat pada tahun 2015 43.149,439 ton/tahun

118,22 ton/hari

Berat daging yang dapat dikirim 109,62 ton/hari

40.011,32 ton/tahun

Jumlah ternak sapi yang dapat dikirim tahun 2015 227.984,73 ekor

Jumlah ternak sapi yang dikirim 625 ekor/hari

Tabel IV. 7. Perencanaan Muatan Ternak

Item	Value	Unit
Produksi daging sapi di NTT	43.149	ton
Konsumsi daging sapi di NTT	4195,347	ton
Berat daging sapi yang dapat dikirim	40.011,32	ton
Jumlah ternak yang dapat dikirim tahun 2015	227.984,73	ekor
	625	ekor per hari
Jadi Total ternak yang dapat dikirim adalah :	4,747	ekor
Jumlah ternak yang direncanakan	1.800	ekor
Berat ternak	810	ton
Berat pakan ternak	307,774	ton
Berat minum	547,153	ton
Berat kotoran ternak	136,788	ton
Berat total	1801,716	ton

Dari tabel diatas dapat diketahui dalam perencanaan kapal 2 in 1, jumlah ternak yang diangkut hanya sekitar 1800 ekor karena disesuaikan dengan komponen – komponen tambahan dalam mengangkut ternak, seperti pakan ternak, minum dan kotoran ternak.

IV.2.2 Muatan Barang

Pada saat kapal berlayar dari Surabaya ke NTT muatan yang diangkut adalah muatan barang (beras). Sama seperti pada saat merencanakan muatan ternak sapi, dalam merencanakan muatan barang dibutuhkan data awal untuk merencanakan muatan kapal, yaitu data dari

jumlah produksi dan konsumsi beras di Jawa Timur dibandingkan dengan jumlah produksi dan konsumsi beras di NTT . Berikut ini hasil pengolahan data yang diperoleh :

Tabel IV. 8. Perencanaan Muatan Barang (Beras)

Item	Value	Unit	Condition
Produksi di Jawa Timur dalam 1 tahun	7.966.023,50	ton	
Konsumsi di Jawa Timur dalam 1 tahun	4.809.531,21	ton	
	3.156.492,29	ton	surplus
	8.647,92	ton per hari	
Produksi di NTT dalam 1 tahun	482.902	ton	
Konsumsi di NTT dalam 1 tahun	641.503,50	ton	
	(158.601,908)	ton	defisit
	(434,53)	ton per hari	
Jadi jumlah total muatan beras yang harus dikirim	3.302,12	ton	

Dari tabel diatas dapat diketahui dalam perencanaan kapal 2 in 1, jumlah beras yang diangkut hanya sekitar 3302,12 ton.

IV.3. Payload total kapal

Dalam penentuan ukuran utama kapal, payload yang digunakan adalah total jumlah muatan yang diangkut oleh kapal, yaitu muatan ternak sapi dan barang dengan total muatan 5200 ton. Namun dalam operasinya, kapal menggunakan prinsip *constant displacement*. Dimana dalam satu kali berlayar, dari NTT ke Surabaya maupun sebaliknya, kapal tidak mengangkut kedua jenis muatan. Kapal akan menggunakan *ballast* untuk menjaga kondisi displasmen kapal sama seperti pada saat mengangkut kedua muatan.

IV.4. Penentuan Kapal Pembanding

Perencanaan ukuran utama kapal didasarkan pada kapal *cargo – passengers*. Dimana kapal pembanding digunakan untuk mengetahui dimensi maksimal dan minimal kapal. Pada tugas akhir ini digunakan 8 data kapal pembanding. Tabel IV. 9. Data kapal pembanding merupakan tabel data kapal pembanding yang digunakan untuk proses optimasi ukuran utama kapal :

Tabel IV. 9. Data kapal pemanding

No.	Nama Kapal	DWT	L _{pp} (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	Adeline	6600	142	22	16,2	5,6
2	Miyarabi II	6700	155	26	18	6,72
3	Opdr Andalucia	7238	136,7	22	13,9	6
4	Saverine	6600	142	22	8,2	5,4
5	Seacargo Renergy	5385	132,8	18	12,5	6,5
6	Stena Performer	5600	133,46	26	21,35	4,6
7	Volcan Detegua	7341	136,7	22	13,9	5,2
8	Wakanatsu	6890	155	26	18	6,7
Min :			132,8	18	8,2	4,6
Max :			155	26	21,35	6,72

(Sumber: www.grosstonnage.com)

IV.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal 2 in 1

IV.4.1 Penentuan Variabel

Setelah didapatkan kapal pemanding, langkah berikutnya adalah mencari nilai minimum dan maksimum sebagai salah satu batasan dalam penerapan model optimasi nantinya. Nilai minimum dan maksimum tertera pada.... Selanjutnya, mengambil salah satu nilai ukuran utama yang termasuk dalam *range* minimum-maksimum tersebut. Sebagai contoh, diambil nilai sebagai berikut:

L = 132,8 meter

B = 18 meter

T = 12,5 meter

H = 6,5 meter

IV.4.2 Penentuan Parameter

Parameter adalah harga yang nilainya tidak berubah selama proses iterasi oleh *solver* karena adanya syarat-syarat yang harus dipenuhi. Pada proses optimasi ini ini, yang berfungsi sebagai parameter adalah permintaan *owner* berupa kapasitas angkut sebesar 5200 ton dan jarak pelayaran sebesar 698 mil laut.

IV.4.3 Penentuan Batasan

Batasan (*Constraints*) adalah harga batas yang ditentukan sebelumnya agar nilai variabel tidak menyimpang dari apa yang diharapkan. Batasan–batasan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah:

1. *Froude Number*

Batasan *Froude Number* antara 0.15 hingga 0.3.

2. Lambung timbul minimum

Acuan yang digunakan adalah sesuai dengan yang tercantum dalam *International Convention on Load Lines* (1966/1988).

3. Batasan trim

Batasan trim maksimal adalah -0.1 s/d 0.1% L_{pp} .

4. Koreksi *Displacement*

Berat total kapal (DWT+LWT) yang akan dirancang harus berada dalam rentang *displacement* hasil perhitungan ($L \times B \times T \times C_b$) sebesar 0% s/d 10%.

5. Batasan stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan dari sebuah kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan itu dipengaruhi lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen-komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM, ketiga komponen tersebut sangat berperan penting dalam stabilitas. Dalam perhitungan stabilitas yang paling penting adalah mencari lengan dinamis (GZ).

Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO untuk menghitung *intact stability*, (*IMO Regulation A.749.18, 2002*) yaitu:

- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m
- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng lebih dari 15°
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.06 m radian sampai dengan 30° sudut oleng
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.09 m radian sampai dengan 40° sudut oleng.

6. Batasan rasio ukuran utama

Rasio ukuran utama kapal yaitu meliputi L/B, B/T, L/T, B/H dan L/H. Batasan rasio ukuran utama sebagai berikut:

L/B Maksimum = 10

B/T Maksimum = 5

L/T Maksimum = 30

IV.4.4 Penentuan Fungsi Objektif

Fungsi objektif dalam kasus ini adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan kapal, karena dalam kasus ini kapal adalah kapal *redesign* (asumsi kapal dibangun baru), yang meliputi biaya baja kapal (*hull cost*), biaya permesinan (*machinery cost*), dan biaya perlengkapan dan peralatan (*equipment and outfitting cost*). Fungsi objektif dipilih Fungsi objektif disini dipilih yang menghasilkan nilai paling minimum untuk pembangunan kapal karena mengacu pada nilai ekonomis.

IV.5. Pembuatan Model Optimasi Kapal 2 in 1

Pembuatan model optimasi kapal menggunakan fitur *Ads-in solver* pada program *Microsoft Excel*. Dengan fitur ini akan dapat dicari nilai optimal maksimum ataupun minum berdasarkan fungsi objektif yang telah ditentukan. Tahap – tahap pengerjaan proses optimasi ini akan dibahas pada sub berikut ini :

IV.5.1 Pembuatan Batasan

Sebelum model iterasi *solver* dibuat, terlebih dahulu dilakukan formulasi yang digunakan sebagai dasar penentuan batasan dalam proses iterasi. Perhitungan tersebut adalah :

1. *Froude Number*

Perhitungan *Froude Number* dilakukan berdasarkan ketentuan pada *Parametric Design* (Parsons, 2001) dimana nilainya harus berkisar antara 0.15 hingga 0.3.

2. Perhitungan *freeboard*

Perhitungan *freeboard* didasarkan pada peraturan yang telah ditetapkan oleh *International Convention on Load Lines 1966* dan *protocol of 1988*.

3. Perhitungan berat baja, perlengkapan dan permesinan

Perhitungan berat baja kapal, peralatan dan perlengkapan dan permesinan menggunakan rumus pendekatan sebagaimana tercantum pada *Parametric Design*. (Watson, 2011)

4. Perhitungan koreksi *displacement*

Berat baja, peralatan dan perlengkapan dan permesinan dijumlahkan sehingga didapatkan LWT (*lightweight ship*). LWT kapal kemudian dijumlahkan dengan berat total muatan (*deadweight/DWT*) dan kemudian didapatkan berat *displacement*. Berat LWT+DWT dibandingkan dengan *displacement* yang didapat dari perkalian $L \times B \times T \times C_b \times \rho$. Selisih antara keduanya harus dalam *range* 0% sampai 10%.

5. Perhitungan trim

Perhitungan trim berdasarkan rumus yang terdapat dalam *Parametric Design Chapter 11* (Parsons, 2001).

6. Perhitungan harga pembangunan kapal

Harga pembangunan kapal dapat diestimasi dari perhitungan berat total baja, permesinan serta *Equipment & Outfitting* dikalikan dengan estimasi harga per ton. (Watson, 1998)

IV.5.2 Running Model Solver

Setelah semua batasan selesai dibuat, selanjutnya adalah membuat model *solver* untuk memperoleh ukuran utama yang optimum. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Membuat model *solver* dimana di dalamnya terdapat *value* yang akan dicari, batasan yang telah ditentukan sebelumnya, dan fungsi objektif sebagai acuan untuk proses iterasi. Model yang dibuat pada penelitian ini tampak seperti pada Gambar IV. 4. Model optimasi ukuran utama kapal 2 in 1

Variable

	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Ukuran Utama	Panjang	m	L	132.8	132.8	155
	Lebar	m	B	18	18	26
	Tinggi	m	H	8.2	8.2	21.35
	Sarat	m	T	4.6	4.6	6.72

Batasan - batasan

Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number			F_n	0.15	0.185272	0.3	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0 deg	m	GM_0	0.15	3.12945		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng >30	m	GZ_{30°	0.2	553.8173		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada L_s maksimum	deg	θ_{max}	25	42.00344		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 30 deg	m.rad	e_{30°	0.055	6.236847		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 40 deg	m.rad	e_{40°	0.09	11.49699		ACCEPTED
	Luas kurva GZ antara 30 deg - 40 deg	m.rad	$e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$	0.03	5.260148		ACCEPTED
Freeboard	FB	m		1.21831475	3.6		ACCEPTED
Displacement	Koreksi dipalcement	%		-0.5%	0.50%	10.0%	ACCEPTED
Trim	Selisih trim	%		-13.28%	2%	13.28%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.5	7.38	10	ACCEPTED
			B/T	1.8	3.91	5	ACCEPTED
			L/T	10	28.87	30	ACCEPTED

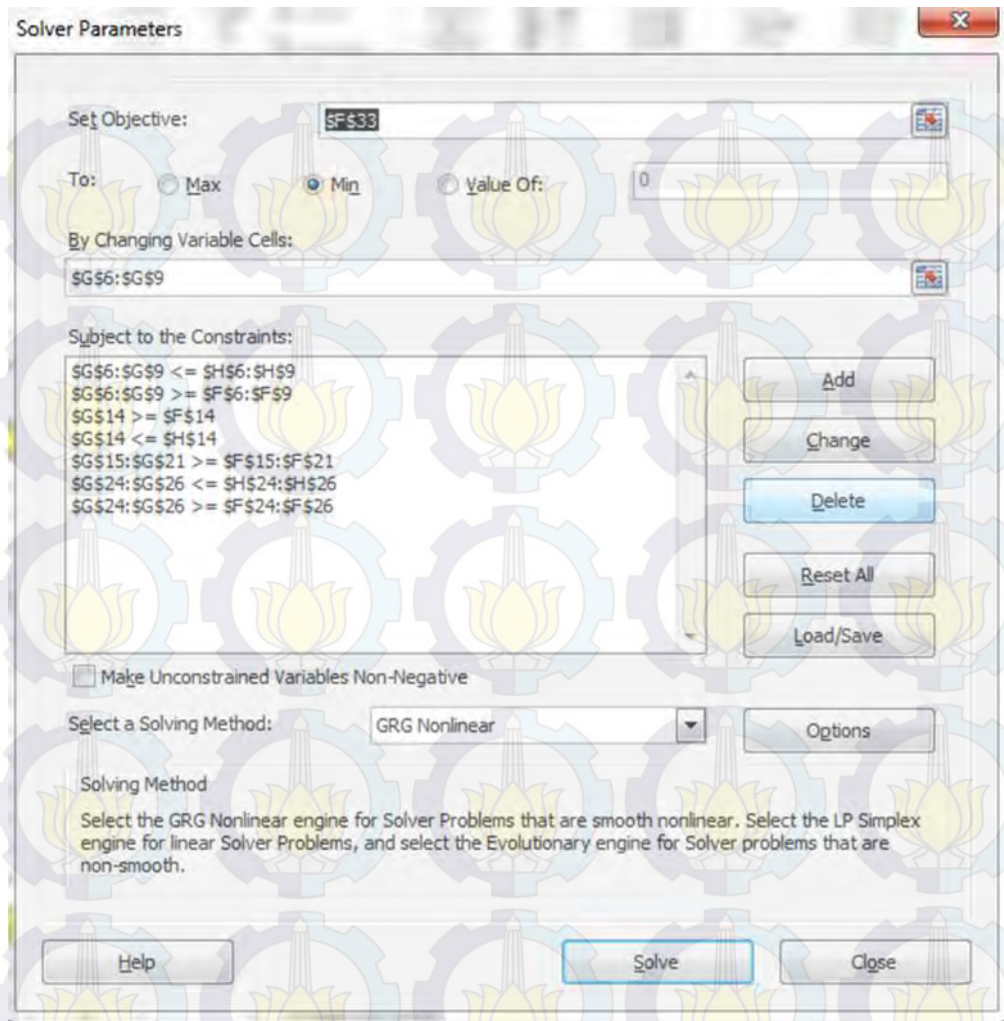
Objective Function

	Item	Unit	Symbol	Value
	Hull cost	\$		9.278.280,42
	E & O cost	\$		13.449.431,69
	ME cost	\$		2.011.142,10
	Total cost	\$		24.738.854,21

Solver | Kapal Perbanding | Ukuran Utama Kapal | Hambatan | Propulsi | Mesin Induk | Berat Mesin | Berat Bata | Berat Consumable

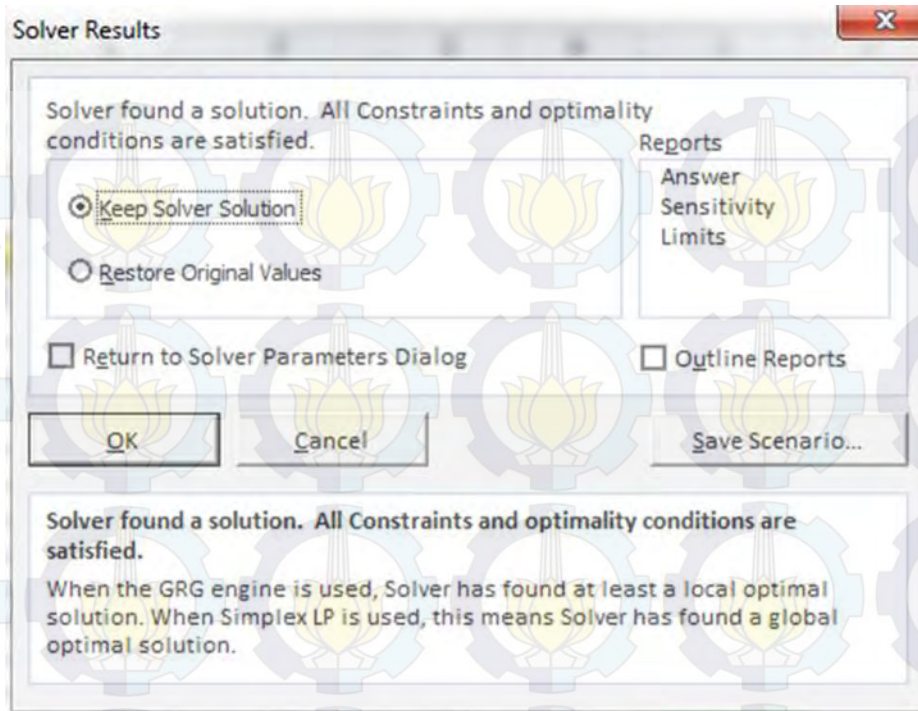
Gambar IV. 4. Model optimasi ukuran utama kapal 2 in 1

- Setelah model selesai dibuat, selanjutnya adalah melakukan *running model*. Fasilitas *solver* dapat diakses melalui *toolbar Data* → *Solver*. Selanjutnya akan muncul tampilan *Solver Parameters*. Pada menu *set target cell*, set pada *cell Total Cost*. *Total cost* pencarian dipilih minimum karena akan dicari *total cost* yang paling rendah sesuai dengan fungsi objektif yang telah ditentukan. Untuk *menu by changing cell* dipilih variabel yang akan dicari yaitu L, B, T, H. Kemudian pada *menu subject to the constraints* dimasukkan semua nilai minimum dan maksimum yang berfungsi sebagai batasan dari proses iterasi. Tampilan *solver* ketika dilakukan proses *running* akan tampak seperti ditunjukkan pada Gambar IV. 5. Tampilan *solver*.



Gambar IV. 5. Tampilan *solver*

3. Setelah semua telah terisi, langkah selanjutnya adalah melakukan proses *running solver*. Apabila iterasi yang dilakukan memenuhi semua batasan yang diberikan maka akan muncul pemberitahuan bahwa solver telah menemukan solusi untuk model yang dibuat, seperti yang terlihat pada Gambar IV. 6. Tampilan *solver* setelah dijalankan



Gambar IV. 6. Tampilan *solver* setelah dijalankan

Variabel yang didapatkan dari proses *running solver* yang telah dilakukan adalah:

Perhitungan Koefisien :

Lpp = 132,8 meter

B = 18 meter

H = 8,2 meter

T = 4,6 meter

IV.5.3 Perhitungan Koefisien

- *Froude Number (Fn)*

Perhitungan *Froude Number (Fn)* didapatkan dari rumus:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Dimana:

Vs = Kecepatan dinas (m/s)

g = Gravitasi (m/s^2)

L = L kapal (m)

$Fn = 0.185$

- Perhitungan rasio ukuran utama

$$L/B = 7,378 \quad ; \text{PNA Vol. I hal. 19} \quad \rightarrow \quad 3.5 < L/B < 10$$

$$B/T = 3,913 \quad ; \text{PNA Vol. I hal. 19} \quad \rightarrow \quad 1.8 < B/T < 5$$

$$L/T = 28,870 \quad ; \text{PNA Vol. I hal. 19} \quad \rightarrow \quad 10 < L/T < 30$$

$$L/16 = 8,300 \quad ; \text{BKI Vol. II Tahun 2006} \quad \rightarrow \quad H > L/16$$

- Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

$$C_B = -4.22 + 27.8 \cdot \sqrt{Fn} - 39.1 \cdot Fn + 46.4 \cdot Fn^3$$

$$= 0,797$$

- Koefisien bidang *midship*

$$C_M = 0.977 + 0.085 \cdot (C_B - 0.6)$$

$$= 0,994$$

- Koefisien bidang garis air

$$C_{WP} = 0.180 + 0.860 \cdot C_P$$

$$= 0,870$$

- L_{CB}

- $L_{CB} (\%)$

$$L_{CB} = 8.80 - 38.9 \cdot Fn$$

$$= 1,593 \quad \% L_{CB}$$

- L_{CB} dari M

$$L_{CB} = \frac{L_{CB} (\%)}{100} \cdot L_{PP}$$

$$= 2,115375072 \quad \text{m dari M}$$

- L_{CB} dari AP

$$L_{CB} = 0.5 \cdot L_{PP} + L_{CBM}$$

$$= 68,51537507 \quad \text{m dari AP}$$

- Koefisien prismatik

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

$$= 0,802$$

- Volume displamen

$$V = L \cdot B \cdot T \cdot C_B$$

$$= 9113,868 \quad \text{m}^3$$

- Berat displasemen

$$\begin{aligned} D &= V \cdot \rho \\ &= 9341,715 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

IV.5.4 Perhitungan Hambatan

1. Viscous resistance

$$\begin{aligned} \textcircled{\bullet} C_{FO} R_n &= \frac{L_{WL} \cdot V_s}{1.18831 \cdot 10^{-6}} \\ &= 777223591,8 \\ &= \text{Koefisien Tahanan Gesek} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{FO} &= \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} \\ &= 0,001580 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{\bullet} 1+k_1 \\ C &= 1 + (0.11 \cdot C_{\text{stern}}) \\ &= 1 \\ L_R/L &= \frac{(1 - C_P) + (0.06 \cdot C_P \cdot LCB)}{(4 \cdot C_P) - 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,124 \\ L_{WL}^3/V &= \frac{L_{WL}^3}{L_{PP} \cdot B \cdot T \cdot C_B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 300,625 \\ 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871 \cdot C \cdot \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \\ &\quad \cdot \left(\frac{L}{L_b}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L_{WL}^3}{V}\right)^{0.3649} \end{aligned}$$

$$= 1,266$$

2. Appendages resistance

- Wetted Surface Area

$$A_{BT} = 0 \quad ; \text{tanpa bulbous bow}$$

$$S = L_{WL} \cdot (2 \cdot T + B) \cdot \sqrt{C_M} \cdot (0.453 + 0.4425 \cdot C_B - 0.2862 \cdot C_M - 0.003467 \cdot \frac{B}{T} + 0.3696 \cdot C_{WP} + 2.38 \cdot \frac{A_{BT}}{C_B})$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$= 3104,977$$

$$S_{rudder} = 2 \cdot (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{PP} \cdot \frac{T}{100})$$

BKI Vol. II hal 14-1

$$= 21,381$$

$$S_{bilgekeel} = 4 \cdot (0.6 \cdot C_B \cdot L_{PP}) \cdot \left(\frac{0.18}{C_B - 0.2} \right)$$

$$= 76,589921$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel}$$

$$= 97,971$$

$$S_{total} = S + S_{app}$$

$$= 3202,947$$

$$1 + k_2 = \frac{1.5 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel}}{S_{rudder} + S_{bilgekeel}}$$

$$= 1,422$$

$$1 + k = (1 + k_1) + ((1 + k_2) - (1 + k_1)) \cdot \frac{S_{app}}{S_{total}}$$

$$= 1,271$$

3. Wave making resistance

© C_1

$$B/L_{WL} = 0,130$$

$$C_4 = 0,130 \quad ; \text{karena } 0.11 < B/L_{WL} \leq 0.25$$

$$Ta = 4,600 \quad m$$

$$Tf = 4,600 \quad m$$

$$iE = 125.67 \cdot \frac{B}{L_{WL}} - 162.25 \cdot C_p^2 + 234.32 \cdot C_p^3 + 0.1551 \cdot \left[LCB_{AP} + \left(6.8 \cdot \frac{Ta - Tf}{T} \right)^3 \right]$$

$$= 43,517$$

$$d = -0.9 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture}$$

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3.7861} \cdot \left(\frac{T}{B} \right)^{1.0796} \cdot (90 - iE)^{-1.3757}$$

$$= 1,156$$

$$\odot m_1$$

$$\sqrt[3]{V}/L_{WL} = 0,151241$$

$$C_5 = 8,0798 \cdot C_P - 13,8673 \cdot C_P^2 + 6,9844 \cdot C_P^4$$

untuk $C_P > 0,8$

$$= 1,163$$

$$m_1 = 0,01404 \cdot \frac{L_{WL}}{T} - 1,7525 \cdot \frac{\sqrt[3]{V}}{L_{WL}} - 4,7932 \cdot \left(\frac{B}{L_{WL}}\right)$$

$$= -1,631607$$

$$\lambda = 1,446 \cdot C_P - 0,03 \cdot \frac{L}{B} \quad ; \text{ untuk } L/B \leq 12$$

$$= 0,929486$$

$$\odot m_2$$

$$C_6 = -1,69385 \quad ; \text{ untuk } L_{WL}^3/V \leq 512$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0,4 \cdot e^{-0,034 \cdot Fn^{-3,29}}$$

$$= -0,00011$$

$$\odot C_2$$

$$A_{BT} = 0 \quad ; \text{ tanpa bulbous bow}$$

$$r_B = 0,56 \cdot \sqrt{A_{BT}}$$

$$= 0$$

$$h_B = 0$$

$$i = T_f - h_B - 0,4464$$

$$= 4,6$$

$$C_2 = 1$$

$$A_T = 0$$

$$\odot C_3$$

$$= 1 - \frac{0,8 \cdot A_T}{B \cdot T \cdot C_M}$$

$$= 1$$

$$\odot R_W/W$$

$$= C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 \cdot Fn^d + m_2 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn^{-2}))}$$

$$= 0,00068$$

$$\odot C_A$$

$$= 0,006 \cdot (L_{WL} + 100)^{-0,16}$$

$$= 0,00045$$

$$\odot W$$

$$= D \cdot g$$

$$= 91642,2 \text{ N}$$

$$\textcircled{C} R_{\text{total}} = 0,5 \cdot 1025 \cdot V_S^2 \cdot S_{\text{total}} \cdot (C_{\text{FO}} \cdot (1 + k) + C_A + \left(\frac{R_W}{W} \cdot W\right))$$

$$= 180359,56 \text{ N}$$

$$= 180,35956 \text{ kN}$$

$$\textcircled{C} R_{\text{total}} + \text{Margin } 15\% R_{\text{total}}$$

$$= 207,41349 \text{ kN}$$

IV.5.5 Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin Induk

Perhitungan Awal

$$1+ = 1,2708249$$

k

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} R_n - 2)}$$

$$= 0,0015796$$

$$C_A = 0,0004$$

A

$$(1 + k) \cdot C_F + C_A$$

$$C_v =$$

v

$$= 0,002457$$

w

$$= 0,3 \cdot C_B + 10 \cdot C_V \cdot C_B - 0,1$$

$$= 0,158672$$

t

$$= 0,1$$

; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163

V_a

Speed of Advance

$$=$$

$$V_S \cdot (1 - w)$$

$$=$$

$$5,626$$

Effective Horse Power (EHP)

P_E

$$=$$

$$R_T \cdot V_S$$

$$=$$

$$1387,016 \text{ kW}$$

Thrust Horse Power

PT

$$=$$

$$P_E \cdot \frac{(1 - w)}{(1 - t)}$$

$$= 1296,59 \text{ kW}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\eta_H = \text{Hull Efficiency}$$

$$= \frac{(1 - t)}{(1 - w)}$$

$$= 1,0697373$$

$$\eta_O = \text{Open Water Test Propeller Efficiency}$$

$$= 0,6 \quad (\text{diasumsikan})$$

$$\eta_r = \text{Rotative Efficiency}$$

$$= 0,985$$

; Ship Resistance and Propulsion

Modul 7 hal. 2

$$\eta_D = \text{Quasi-Propulsive Coefficient}$$

$$= \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r$$

$$= 0,6322148$$

$$PD = \text{Delivered Power at Propeller}$$

$$= \frac{PE}{\eta_D}$$

$$= 2193,8993 \text{ kW}$$

Shaft Horse Power

$$\eta_s = \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)}$$
$$= 0,98 \quad ; \text{ untuk mesin di after}$$

$$PS = \text{Shaft Power}$$

$$= \frac{PD}{\eta_s}$$
$$= 2238,673 \quad \text{kW}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\eta_R = \text{Reduction Gear Efficiency}$$
$$= 0,98$$

$$PB_0 = \text{Brake Horse Power (BHP}_0\text{)}$$

$$= \frac{PS}{\eta_R}$$
$$= 2284,360 \quad \text{kW}$$

Koreksi

$$MCR = 15\% \cdot P_{B0}$$

$$(115\% \cdot P_{B0}) \cdot$$

$$PB = 115\% = \quad = \text{BHP}$$

$$\text{BHP} = 2627,014 \quad \text{kW}$$

$$= 1853.509 \cdot 1.3596 \text{ HP}$$

$$= 3571,688 \quad \text{HP}$$

IV.5.6 Pemilihan Mesin Induk

1. MCR Mesin

BHP = 2627,0139 kW 1 ME
 = 3571,6881 HP
 = 1313,507 kW 2 ME

2. Mesin

Merk = Caterpillar
 Type = 3516

3. Daya Mesin yang digunakan

Daya = 1350 kW
 = 1810 HP

4. Konsumsi Fuel Oil

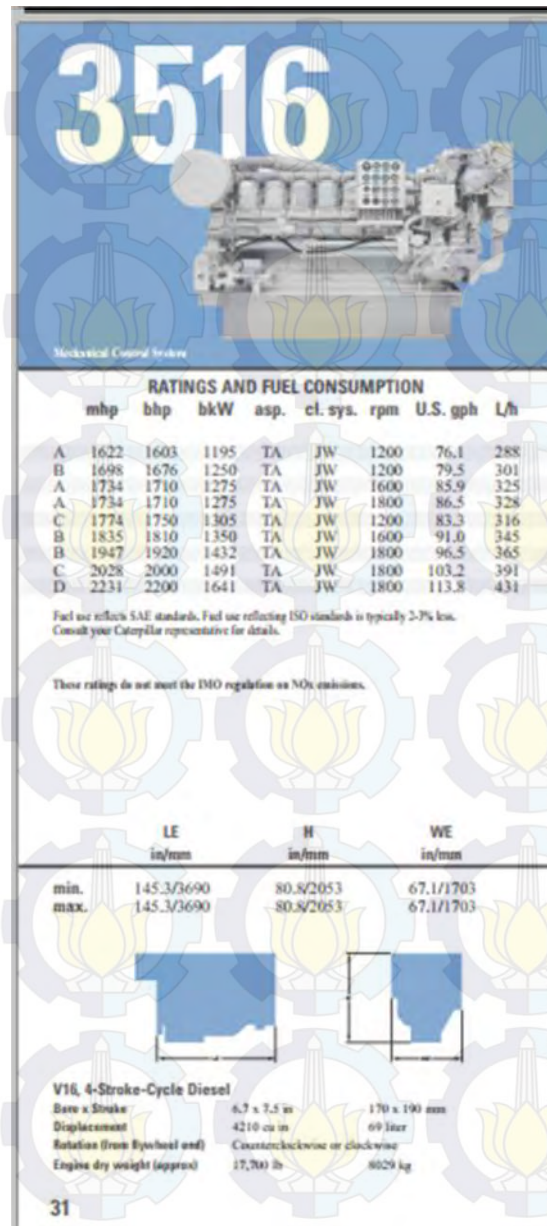
= 91 gph
 = 345 L/h
 = 345 kg/h

5. Spesifikasi Mesin :

Medium Duty— B Ratings							
Medium Duty—B							
Load factor: 40% to 80%. Up to 80% time at rated rpm.							
Typical time at full load: 10 hrs out of 12.							
Typical hrs/yr: 3000 to 5000.							
Typical applications: Vessels such as midwater trawlers, purse seiners, crew and supply boats, ferries, and towboats where locks, sandbars and curves dictate frequent slowing and engine load and speed are constant with some cycling.							
♦ Bhp – Fast commercial and passenger vessels including catamarans and SWATH vessels with high load factors.							
♦ Fast Commercial Vessel Rating – (3612, 3616, 3618) For high speed commercial vessel application with approximate load profile: 85% of operating hours at rated power, 15% of hours at less than 50% rated power.							
mhp	bhp	bkW	rpm	lb	kg	Model	Page #
1379	1360	1014	1600	14400	6532	3512	29
1379	1360	1014	1600	14400	6532	3512B	30
1379	1360	1014	1800	14400	6532	3512B	30
1465	1445	1078	1800	14400	6532	3512	29
1597	1575	1175	1600	14400	6532	3512B	30
1597	1575	1175	1800	14400	6532	3512B	30
1698	1676	1250	1200	17700	8029	3516	31
1775	1750	1305	1600	14400	6532	3512B	30
1775	1750	1305	1200	17700	8029	3516B	32
1835	1810	1350	1600	17700	8029	3516	31
1947	1920	1432	1800	17700	8029	3516	31
2129	2100	1566	1600	17700	8029	3516B	32
2129	2100	1566	1800	17700	8029	3516B	32
2408	2375	1771	1600	17700	8029	3516B	32
Bhp Ratings							
mhp	bhp	bkW	rpm	lb	kg	Model	Page #
1217	1200	895	1785	10182	4619	3508B	28
1825	1800	1342	1785	14413	6538	3512B	30
2434	2400	1790	1785	17216	7809	3516B	32
Fast Commercial Vessel Ratings							
mhp	bhp	bkW	rpm	lb	kg	Model	Page #
7681	7577	5650	1000	65900	29950	3616	37
8158	8046	6000	1020	68350	31000	3616	37
9770	9655	7200	1050	79200	36000	3618	37

Gambar IV. 7. Spesifikasi mesin induk

6. Ukuran Dimesional Mesin



Gambar IV. 8. Ukuran dimensional mesin induk

Daya [kW]
 RPM = 1600 rpm
 L = 3690 mm
 W = 1703 mm
 H = 2053 mm
 Dry mass = 8,029 ton

7. Pemilihan Generator Set

Daya Genset = 25% Engine
= 656,753478 kW

Merk = Caterpillar

Type = 3056

Daya = 715 kW

W = 700 mm

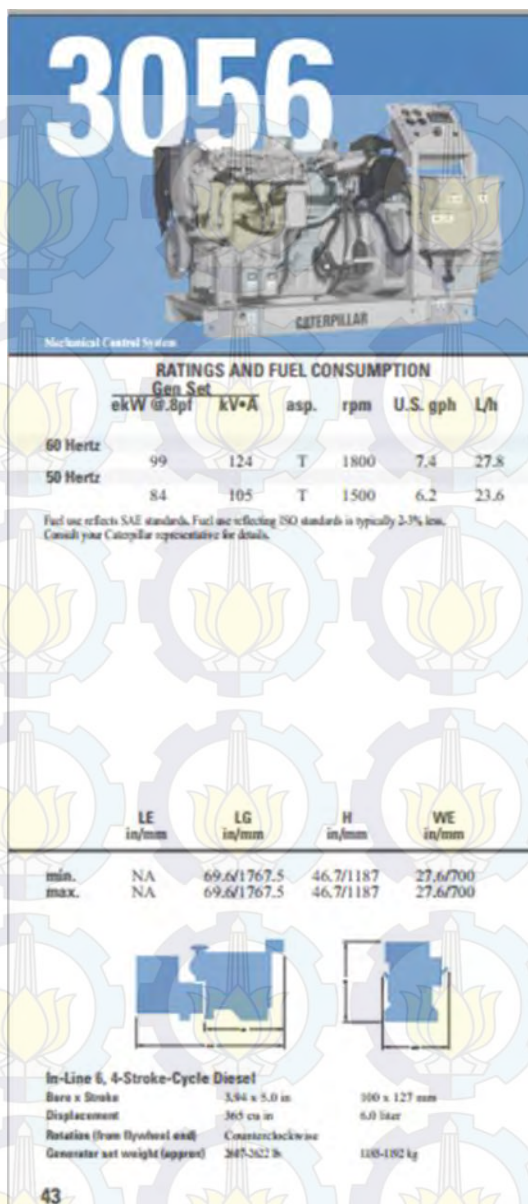
L = 1767,5 mm

H = 1187 mm

Dry mass = 1,192 ton

60 Hz Marine Generator Set Ratings				50 Hz Marine Generator Set Ratings			
ekW @1.0pf	kV•A	Model	Page #	ekW @1.0pf	kV•A	Model	Page #
37	37	3054	42	32	32	3054	42
21.5	21.5	C2.2	41	18	18	C2.2	41
ekW @.8pf	kV•A	Model	Page #	ekW @.8pf	kV•A	Model	Page #
21	26	C2.2	41	17.5	22	C2.2	41
40	50	3054	42	34	43	3054	42
72	90	3054	42	60	75	3054	42
99	124	3056	43	84	105	3056	43
250	313	3406C	44	200	250	3406C	44
260	325	3406C	44	215	269	3406C	44
315	394	3406C	44	240	300	3406C	44
320	400	3406C	44	245	306	3406C	44
370	462	3408C	45	280	350	3408C	45
400	500	3412C	46	350	438	3412C	46
425	531	3412C	46	385	481	3412C	46
500	625	3412C	46	405	506	3412C	46
550	688	3412C	46	480	600	3412C	46
590	738	3412C	46	500	625	3412C	46
600	750	3508B	47	590	738	3508B	47
715	894	3508B	47	650	788	3508B	47
910	1138	3508B	47	800	1000	3508B	47
1030	1287	3512B	48	880	1000	3512B	48
1070	1338	3512B	48	965	1212	3512B	48
1285	1606	3516B	49	1180	1475	3516B	49
1360	1700	3512B	48	1200	1500	3512B	48
1650	2063	3606	50	1460	1825	3516B	49
1825	2275	3606	50	2000	2000	3516B	49
2200	2750	3608	51	1760	2200	3606	50
2420	3025	3608	51	1940	2425	3606	50
3300	4125	3612	52	2350	2938	3608	51
3640	4550	3612	52	2600	3250	3608	51
4400	5500	3616	53	3520	4400	3612	52
4840	6050	3616	53	3880	4850	3612	52
				4700	5875	3616	53
				5200	6500	3616	53

Gambar IV. 9. Spesifikasi generator set



Gambar IV. 10. Ukuran dimensional generator

IV.5.7 Perhitungan LWT

1. Berat Permesinan (Watson, 1998)

Input Data

MCR mesin = 2627,01 kW

induk

MCR genset = 656,753 kW

N = 1600 RPM

Cm = 0,83 ; passengers and ferries

$$\begin{aligned} \text{hdb} &= 1,5 \text{ m} && \text{tinggi double bottom di kamar mesin} \\ D' &= 6,7 \text{ m} && \text{tinggi kamar mesin} \end{aligned}$$

Berat Permesinan

$$\begin{aligned} W_{ME} &= \Sigma 12.(MCR/N)^{0.84} \\ &= 12 . (2627/ 1600)^{0.84} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 18,1999 \text{ ton} \\ W_{rem} &= Cm . (MCR)^{0.72} \\ &= 1 . (657)^{0.72} \\ &= 88,6355 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi ,} \\ W &= W_{ME} + W_{rem} \end{aligned}$$

2. Berat Baja

Input Data

$$\begin{aligned} L &= 132,80 \text{ m} \\ B &= 18,00 \text{ m} \\ H &= 8,20 \text{ m} \\ T &= 4,60 \text{ m} \\ K &= 0,039 \\ C_B &= 0,796968 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= E_{hull} + E_{SS} + E_{dh} \\ &= L (B+T) + 0.85L (D - T) + 0.85 \Sigma \ell_i . h_i + 0.75 \Sigma \ell_j . h_j \\ E_{hull} &= L (B+T) + 0.85L (D - T) \\ &= 133 (018 + 005) + 0.85 . 133 (008 - 005) \\ &= 3407,648 \\ E_{SS} &= 0.85 \Sigma \ell_i . h_i \end{aligned}$$

Direncanakan 3 tingkat :

$$\begin{aligned} \text{Lantai 1} \quad \ell_i &= 66,4 \text{ m} \\ &h_i = 2,2 \text{ m} \\ \text{Lantai 2} \quad \ell_i &= 66,4 \text{ m} \\ &h_i = 2,2 \text{ m} \\ \text{Lantai 3} \quad \ell_i &= 66,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$h_i = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Forecastle } \ell_i = 12 \text{ m}$$

$$h_i = 2,4 \text{ m}$$

$$E_{dh} = 396,984$$

$$E = 0.75 \sum \ell_j \cdot h_j \text{ (Tidak ada deckhouse)}$$

$$= 0$$

$$W_s = 3.408 + 397 + 0$$

$$= 3804,632$$

$$= W_s(E)$$

$$= K \cdot E^{1.36} (1 + 0.5(C_B' - 0.70))$$

$$C_B' = C_B + (1 - C_B)((0.8D - T)/3T)$$

$$C_B' = 0,797 + (1 - 0,797) \cdot ((0.8 \cdot 8,2 - 4,6) / 3 \cdot 4,60)$$

$$C_B' = 0,8258$$

$$\text{Berat Baja} = 0.000 \cdot 3.805^{1.36} \cdot (1 + 0.5(0.001 - 0.70))$$

$$= 3067,49 \text{ ton}$$

$$VCG_{hull} = 0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) \quad L > 120 \text{ m}$$

$$= 0.01 \cdot 8,20 (46.6 + 0.135(0.81 - 0,80) \cdot (132,80/8,20)^2)$$

$$= 3,859037 \text{ m dari baseline}$$

$$LCG_{hull} = -0.15 + LCB$$

$$= 1,965375072 \text{ m dari Midship}$$

3. Berat Peralatan dan Perlengkapan (Watson, 1998)

Input Data

$$L_{pp} = 132,8 \text{ m}$$

$$B = 18 \text{ m}$$

$$H = 8,2 \text{ m}$$

$$C_o = 0,35 \text{ dari grafik}$$

Berat E & O

$$\begin{aligned}
 W_o &= Co . L . B \\
 &= 0.35 . 132.80 . 18.00 \\
 &= 836,64 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Titik Berat E & O

$$\begin{aligned}
 VCG_o &= D + 1.25 \\
 &= 8.20 + 1.25 \\
 &= 9,450
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_o &= ((25\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGM} + (37.5\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGDH} + (37.5\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGother}) / W_{E\&O} \\
 25 \% W_o &= 209,16 \text{ ton} \quad \text{at} \quad 15 \text{ m dari AP} \\
 37.5 \% W_o &= 313,74 \text{ ton} \quad \text{at} \quad 16,38 \text{ m dari AP} \\
 37.5 \% W_o &= 313,74 \text{ ton} \quad \text{at} \quad 66,4 \text{ m dari AP}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_{E\&O} &= ((25\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGM} + (37.5\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGDH} + (37.5\% \cdot W_{E\&O}) \cdot L_{CGother}) / W_{E\&O} \\
 &= 34,791 \text{ m dari AP}
 \end{aligned}$$

IV.5.8 Perhitungan DWT

1. Payload

Sudah didapatkan dari perencanaan jumlah muatan, yaitu 5200 ton.

2. Crew & Consumable (Watson, 1998)

Jumlah Crew

$$\begin{aligned}
 C_{st} &= 1.2 \quad (\text{Coef steward dept.} \rightarrow 1,2 - 1.33) \\
 C_{dk} &= 11.5 \quad (\text{Coef deck dept.} \rightarrow 11,5 - 14,5) \\
 C_{eng} &= 8.5 \quad (\text{Coef engine dept.} \rightarrow 8,5 - 11,00 \text{ diesel}) \\
 \text{cadet} &= 2 \quad (\text{umumnya 2 orang}) \\
 Z_c &= C_{st} \cdot C_{dk} \cdot \left(\frac{L_{PP} \cdot B \cdot H \cdot 35}{10^5} \right)^{\frac{1}{6}} + C_{eng} \cdot \left(\frac{BHP}{10^5} \right)^{\frac{1}{3}} + \text{cadet} \\
 &= 23.8219 \text{ orang} \\
 &= 50 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

Crew Weight

$$\begin{aligned}
 C_{C\&E} &= 0.075 \text{ ton/person} \\
 W_{C\&E} &= 3.75 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Fuel Oil

$$\text{SFR} = 0.00019 \text{ ton/kW.hr} \quad (0.000190 \text{ ton/kW.hr untuk diesel engine})$$

$$\text{MCR} = 2627,014 \text{ kW}$$

$$\text{Margin} = 0.1$$

$$W_{FO} = 13,4624 \text{ ton}$$

$$= 38.709 \text{ ton} \quad (\text{dual propulsion engine})$$

Diesel Oil

$$C_{DO} = 0.15 \text{ ton/m}^3$$

$$W_{DO} = 2,423 \text{ ton}$$

Lubrication Oil

$$W_{LO} = 20 \text{ ton} \quad (\text{medium speed diesel})$$

Fresh Water

$$\text{range} = 698 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 13 \text{ knot}$$

$$\text{day} = 7.6 \text{ days}$$

$$W_{FW \text{ Tot}} = 140,273 \text{ ton}$$

Provision and Store

$$W_{PR} = 0.005 \text{ ton/(person.day)}$$

$$= 0,487130 \text{ ton}$$

$$W_{\text{consumable}} = 177,154 \text{ ton}$$

IV.5.9 Perhitungan Kapasitas Ruang Muat

Dalam menghitung kapasitas ruang muat, yang menjadi titik acuan perhitungan adalah luasan geladak untuk muatan ternak sapi dan volume ruang muat untuk muatan barang. Adapun asumsi perhitungan kapasitas ruang muat kapal ini adalah sebagai berikut :

1. Muatan Ternak Sapi

Tabel IV. 10. Ruang muat ternak sapi

Bagian	Jumlah	Luasan	Kepadatan	Minimum	Remark
--------	--------	--------	-----------	---------	--------

	Ternak (ekor)	geladak (m²)	Ternak (m²/ekor)	(m²/ekor)	
Double bottom	240	950,4	3,960	2,5	ACCEPTED
Third deck	240	950,4	3,960	2,5	ACCEPTED
Second deck	240	950,4	3,960	2,5	ACCEPTED
Main deck	330	1422	4,309	2,5	ACCEPTED
"A" deck	372	1422	3,823	2,5	ACCEPTED
"B" deck	378	1422	3,762	2,5	ACCEPTED

2. Muatan Barang

Payload : 3.302,12 ton

Stowage factor beras : 1,4 m³/ton

kebutuhan ruang muat 4.622,96 m³

Tabel IV. 11. Ruang muat muatan barang

WL	CH 1		CH 2		Fs	A*Fs	
	1/2 A	A	1/2 A	A		CH 1	CH 2
1	161,38	322,766	111,923	223,845	1	322,766	223,845
2	166,77	333,531	115,254	230,507	4	1334,12	922,029
3	168,02	336,035	124,766	249,533	2,5	840,089	623,832
4,5	168,43	336,858	130,802	261,605	6	2021,15	1569,63
6	169,48	338,955	137,396	274,792	2,6	881,284	714,459
7,1	170,2	340,393	143,435	286,869	6,6	2246,6	1893,34
8,2	171,04	342,085	149,311	298,621	1,1	376,293	328,483
					Σ =	8022,3	6275,61

	CH 1	CH 2	
Volume = $\frac{1}{3} \times h \times \Sigma$	2674,09908	2091,8708	m ³
Berat =	1910,07077	1494,1934	ton
Volume total =	4765,96985		m ³
Berat Total =	3404,26418		ton

OK

IV.5.10 Perhitungan Koreksi Displasmen

Sebagaimana telah diterangkan, selisih antara berat displasemen hasil perkalian L, B, T, koefisien blok dan massa jenis air laut harus dalam *range* 0% sampai 10%. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa selisih keduanya memenuhi *range* yang disyaratkan:

1. Gaya Berat

$$1. \text{ LWT} = 3932,31 \text{ ton}$$

$$2. \text{ DWT} = 5377,15 \text{ ton}$$

$$\text{LWT} + \text{DWT} = 9309,466 \text{ ton}$$

2. Gaya angkat

$$\blacktriangle = 9341,715 \text{ ton}$$

$$3. \text{ Selisih} = 32,25 \text{ ton}$$

$$0,35\%$$

IV.5.11 Perhitungan Freeboard

Perhitungan *freeboard* atau lambung timbul minimum mengacu pada regulasi untuk tipe kapal "B", yaitu kapal yang bukan mengangkut muatan curah cair.

Freeboard Standard

$$F_b = 1955 \text{ mm}$$

Koreksi

Koreksi *Depth* (D)

Untuk kapal dengan harga $D > L/15$ maka dikoreksi sebagai berikut :

$$F_{b2} = 1764,01475 \text{ mm} \quad (\text{untuk } L < 120\text{m})$$

$$F_{b3} = 1764,01475 \text{ mm} \quad \text{Jika } D < L/15 \text{ tidak ada koreksi}$$

Koreksi Bangunan Atas (*Super Structure*)

Forecastle

$$l_{FC} = 12,00 \text{ m}$$

$$h_{FC} = 2,50 \text{ m}$$

$$h_{PO} = 2.20 \text{ m}$$

$$l_{PO} = 66,4.00 \text{ m}$$

Effective Length Super Structure

$E[x.L] =$	0,590	L	L	Pengurangan
Pengurangan =	545,7	mm	122	1070

IV.5.12 P			135	1070
-----------	--	--	-----	------

e Superstructure

r	$Fb_5 =$	545,7	mm
---	----------	-------	----

h Total Freeboard

i	$Fb' =$	$Fb_3 + Fb_4 + (-Fb_5)$	
---	---------	-------------------------	--

t	$=$	1218,31475	mm
---	-----	------------	----

u	$Fb' =$	1,218	m
---	---------	-------	---

n Minimum Bow height

a	$Cbd =$	0,69
---	---------	------

n	$Bwm =$	$56L \left(1 - \frac{L}{500} \right) \left(\frac{1.36}{Cb + 0.68} \right)$
---	---------	------------------------------------------------------------------------------

	$=$	6053,516725	mm
--	-----	-------------	----

T	$=$	6,054	m
---	-----	-------	---

Batasan Freeboard

i Actual Freeboard

m	$Fba =$	$H - T$	
---	---------	---------	--

	$=$	3,6	m
--	-----	-----	---

Kondisi ($Fba - Fb'$)=	Accepted	(karena $Fba > Fb'$)
--------------------------	----------	-----------------------

Minimum Bow Height

$Fba + Sf + h_{FC} =$	6,1	m
-----------------------	-----	---

Kondisi Minimum Bow Height =	Accepted
------------------------------	----------

1. KB

KB/T	$=$	$0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$
		<i>Parametric Ship Design hal. 11 - 18</i>

$=$	0,5221805
-----	-----------

KB	$=$	2,4020303	m
----	-----	-----------	---

2. BM_T

C_I	$=$	$0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$
-------	-----	-------------------------------

Transverse Inertia

Coefficient

$$= 0,0647566$$

$$I_T = C_I \cdot L_{PP} \cdot$$

$$B^3$$

$$= 50153,289 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla ; \text{ jarak } B \text{ dan } M \text{ secara melintang}$$

$$= 5,5029642 \text{ m}$$

3. BM_L

$$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$$

Longitudinal Inertia Coefficient

$$= 0,0585056$$

$$I_L = C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 2466403,2 \text{ m}^4$$

; jarak B dan M secara

$$BM_L = I_L / \nabla \text{ melintang}$$

$$= 270,62091 \text{ m}$$

$$4. GM_L = KB + BM_L - KG$$

$$= 268,1705$$

$$5. \text{Trim} = \frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L} ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 27}$$

$$= 0,9515891 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\Delta (LCG - LCB) = 1,9215973$$

$$0.1 \cdot L_{PP} = 13,28$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

IV.5.13 Perhitungan Tonnage

Gross Tonnage

$$V_U = \Delta \cdot \left(\left(1.25 \cdot \frac{H}{T} \right) - 0.115 \right) ; \text{Volume dibawah geladak cuaca}$$

$$; \text{Volume ruang tertutup diatas}$$

$$\text{geladak cuaca}$$

$$= 19741,5 \text{ m}^3$$

$$V_H = V_{PO} + V_{FC} + V_{DH}$$

$$= 1925,069 \text{ m}^3$$

$$V = V_U + V_H$$

$$= 21666,549 \text{ m}^3$$

$$0.2 + 0.02$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02$$

$$= 0,2867158$$

$$GT = V \cdot K_1$$

$$= 6212,1417 \text{ GT}$$

Net Tonnage

$$V_r = 16038 ; \text{Total Volume ruang muat}$$

$$K_2 = 1.25 \frac{GT+10000}{10000}$$

$$= 0,284103$$

$$K_3 =$$

$$= 1,4358593$$

$$a = K_2 \cdot V_r \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2$$

$$= 2549,127$$

$$\text{jadi, } a \geq 0.25 \cdot GT$$

Kondisi

$$= \text{Diterima}$$

$$NT = a + K_3 \cdot \left(N_1 \cdot \frac{N_1}{10} \right)$$

$$= 2628,0992$$

$$\text{jadi, } NT \geq 0.30 \cdot GT$$

Kondisi

= Diterima

IV.5.14 Perhitungan Stabilitas

Detail perhitungan stabilitas dapat dilihat di lampiran. Batasan yang digunakan untuk stabilitas menggunakan standar IMO. Berikut adalah pemeriksaan hasil hitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya:

- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng 0° : tidak boleh kurang dari 0.15 m, hasil optimisasi MG = 3,121 m (memenuhi).
- Lengan statis (GZ) pada sudut oleng $> 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m, hasil optimisasi GZ = 141,88 m (memenuhi).
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari 15° dan tidak boleh kurang dari 25° , hasil optimisasi GZ maks terjadi pada sudut 42,011 (memenuhi).
- Luasan bidang yang terletak dibawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40° tidak boleh kurang dari 0.03 m radian, hasil optimisasinya adalah 1,34 m (memenuhi).
- Lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.055 m radian sampai dengan 30° sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 1,59 m (memenuhi).
- Lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.09 m radian sampai dengan 40° sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 2,94 m (memenuhi).

Dari hasil pemeriksaan diatas maka telah dibuktikan bahwa ukuran utama yang dihasilkan dari proses iterasi *solver* telah memenuhi semua kriteria stabilitas. Ini menandakan, tidak ada elemen yang perlu diganti.

IV.6. Perhitungan Biaya

Fungsi objektif perhitungan optimasi kapal ditentukan berdasarkan biaya pembangunan yang seminimal mungkin. Biaya mencakup biaya baja, biaya permesinan, serta biaya perlengkapan dan peralatan. Perhitungan biaya pembangunan kapal dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya untuk membangun kapal adalah sebagai berikut:

Tabel IV. 12. Biaya pembangunan kapal

Item	Unit	Value
Hull cost	\$	9.096.724,70
E & O cost	\$	13.449.431,69
ME cost	\$	2.011.142,10
Total cost	\$	24.557.298,50

Dengan asumsi 1 US \$ = Rp. 13,000.00, maka estimasi harga pembangunan kapal tersebut adalah Rp. 319.244.880.446,87

IV.7. Pembuatan Rencana Garis

Setelah ukuran utama optimum dari hasil perhitungan, kemudian dilakukan pembuatan rencana garis atau *Lines Plan*. *Lines Plan* ini merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (pandangan depan), secara memanjang (pandangan samping), dan vertikal memanjang (pandangan atas). *Lines plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang optimum, terutama desain ruang muat.

Lines plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan badan kapal yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer plan* (secara memanjang) dan *half breadth plan* (dilihat dari atas).

Ada banyak cara membuat *lines plan*. Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode literasi *sample design* pada *software* maxsurf. Langkah awal dalam membuat *lines plan* adalah menentukan data kapal terdahulu (*sample design*). Kemudian kapal tersebut karakteristiknya disesuaikan dengan kapal yang direncanakan. Setelah itu dilakukan penyempurnaan menggunakan *software* AutoCAD. Dalam menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut.

Ukuran utama kapal menggunakan hasil optimasi *solver*, yaitu:

Lpp = 132.8 meter

B = 18 meter

H = 8.2 meter

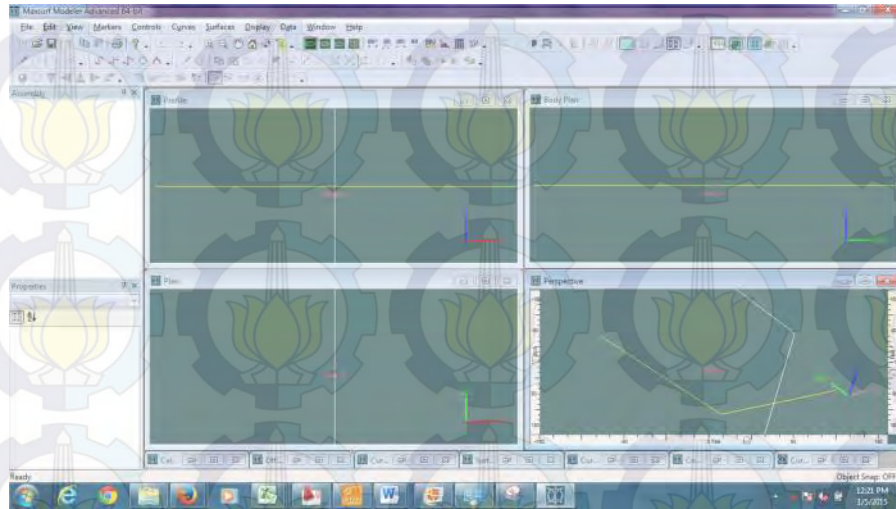
T = 4.6 meter

Cb = 0.797

Berat displasemen = 9341,715 ton

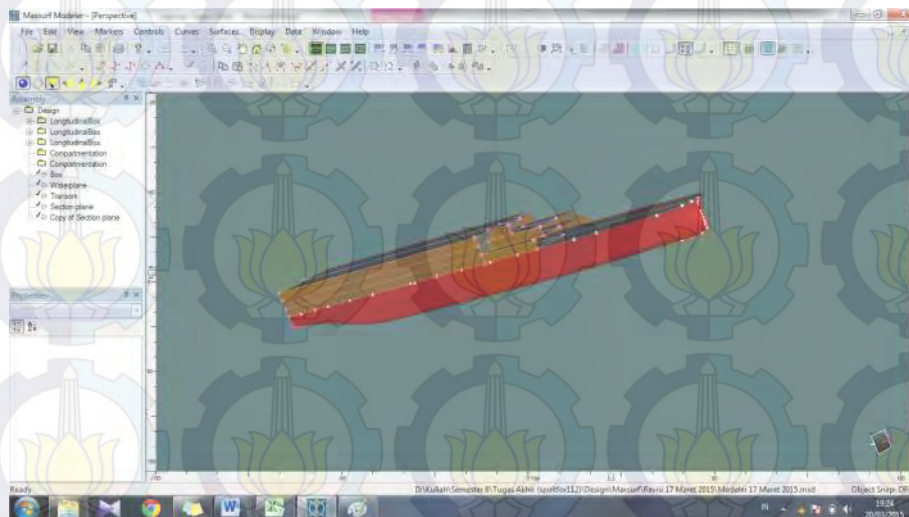
Langkah - langkah pengerjaan rencana garis kapal adalah sebagai berikut :

1. Membuka jendela awal *software maxsurf*



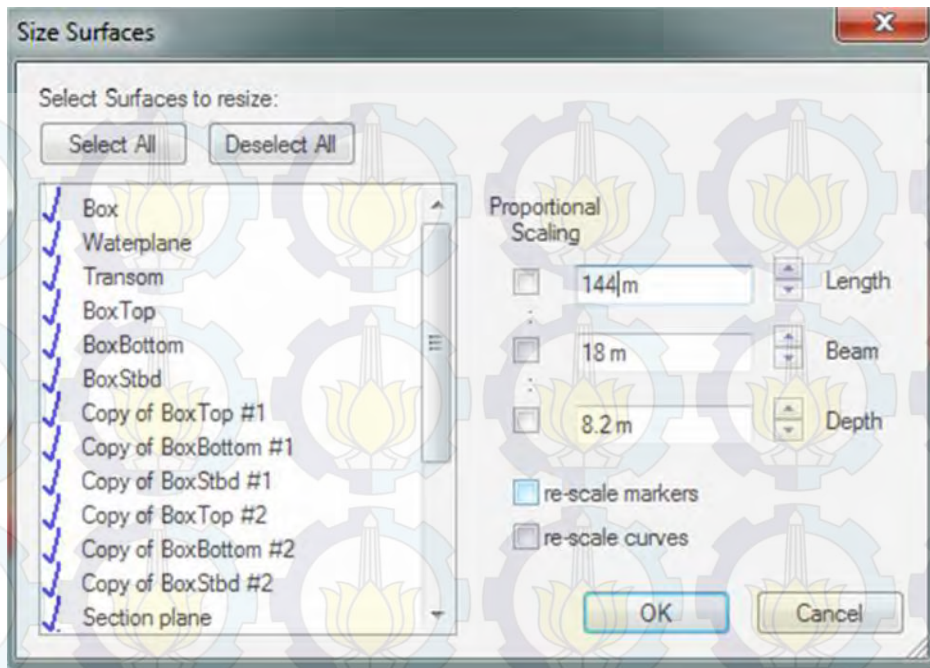
Gambar IV. 11. Jendela awal *maxsurf*

2. Membuat model kapal



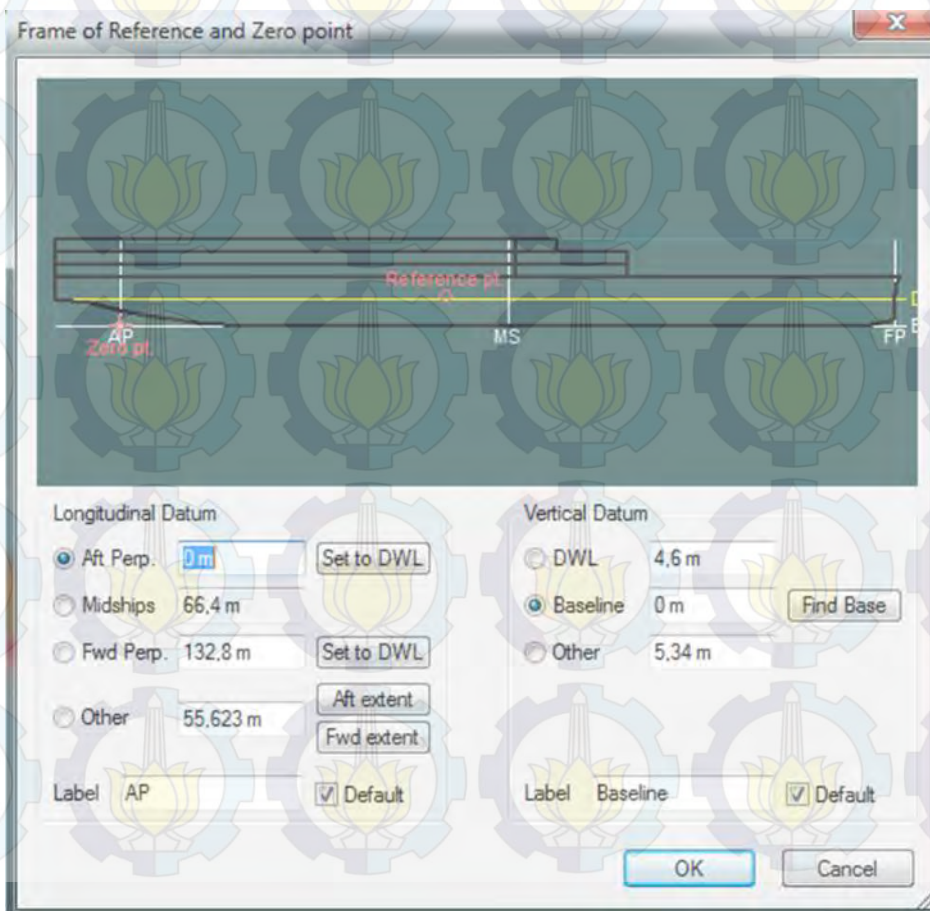
Gambar IV. 12. Model kapal dengan *software maxsurf*

3. Menentukan ukuran utama kapal pada *size surface*



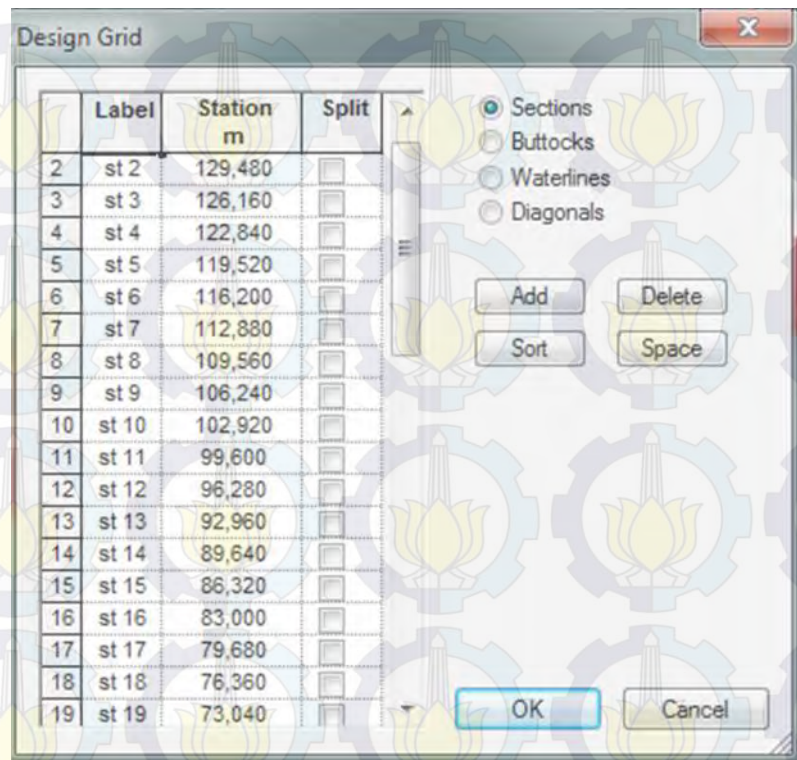
Gambar IV. 13. Menentukan ukuran utama kapal dengan *size surface*

4. Menentukan *frame of reference* (mengatur letak titik acuan)



Gambar IV. 14. Penentuan *zero point*

5. Membagi *stations*, *buttock lines* dan *water lines* pada *design grid*



Gambar IV. 15. Mengatur *stations*, *buttock lines* dan *waterlines*

6. Menghitung hidrostatik

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	9343	t
2	Volume (displaced)	9115,524	m ³
3	Draft Amidships	4,600	m
4	Immersed depth	4,600	m
5	WL Length	143,975	m
6	Beam max extents o	18,000	m
7	Wetted Area	3249,566	m ²
8	Max sect. area	80,977	m ²
9	Waterpl. Area	2385,858	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,782	
11	Block coeff. (Cb)	0,765	
12	Max Sect. area coeff	0,978	
13	Waterpl. area coeff.	0,921	
14	LCB length	64,197	from z
15	LCF length	57,306	from z
16	LCB %	44,589	from z
17	LCF %	39,803	from z
18	KB	2,486	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMT	6,542	m
21	BML	392,896	m
22	GMt corrected	9,028	m
23	GML	395,382	m
24	KMt	9,028	m
25	KML	395,382	m
26	Immersion (TPc)	24,455	tonne/c
27	hTc	278,179	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	1472,160	tonne.
29	Length:Beam ratio	7,999	
30	Beam:Draft ratio	3,913	
31	Length:Vol ^{0.333} rati	6,892	

Density (water) 1.025 tonne/m³

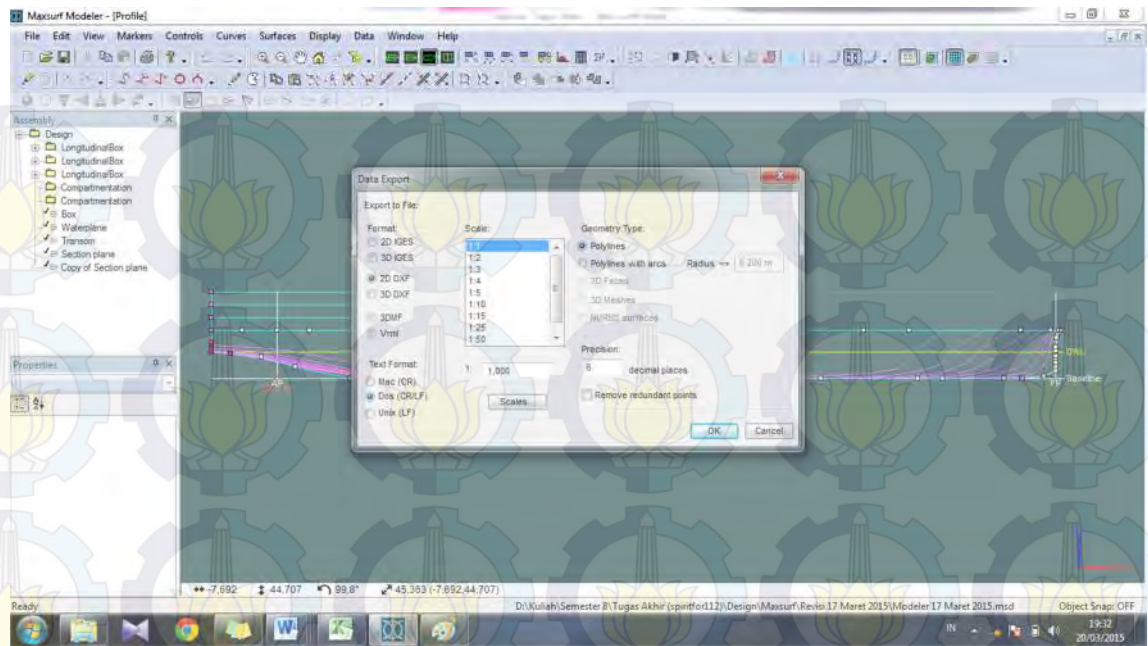
Std. densities 1.025 tonne/m³ - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m³)

VCG 0 m

Recalculate

Gambar IV. 16. Perhitungan hidrostatik dengan *maxsurf*

Setelah perhitungan hidrostatik kapal diketahui, maka tahap pengerjaan rencana garis mendekati tahap akhir. Model dapat langsung di-*export* ke format .dxf untuk diperhalus dengan *software* AutoCAD. Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut, seperti terlihat pada Gambar IV. 17. Menyimpan *lines plan* yang telah dibuat Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.



Gambar IV. 17. Menyimpan *lines plan* yang telah dibuat

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file .dwg yang merupakan *output* dari *software AutoCAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat.

Gambar IV. 18. Rencana garis kapal 2 in 1 merupakan rencana garis dari kapal yang dirancang.



Gambar IV. 18. Rencana garis kapal 2 in 1

IV.8. Pembuatan Rencana Umum

Setelah pembuatan rencana garis selesai, langkah selanjutnya adalah membuat Rencana Umum/*General Arrangement*. Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, *superstructure* (bangunan atas), dan lain-lain. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya, untuk kapal barang dagang rencana umum juga mengatur tentang penempatan ruang muat agar muatan dapat diangkut ke tempat tujuan dengan aman, murah, serta proses bongkar muat yang ekonomis.

Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal (*outline*) akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan

pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut "*Ship Design and Construstion*" (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan
- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- a. Ruang Muat
- b. Kamar mesin
- c. Ruang untuk *crew* dan penumpang (jika ada)
- d. Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dan lain-lain)
- e. Ruang-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

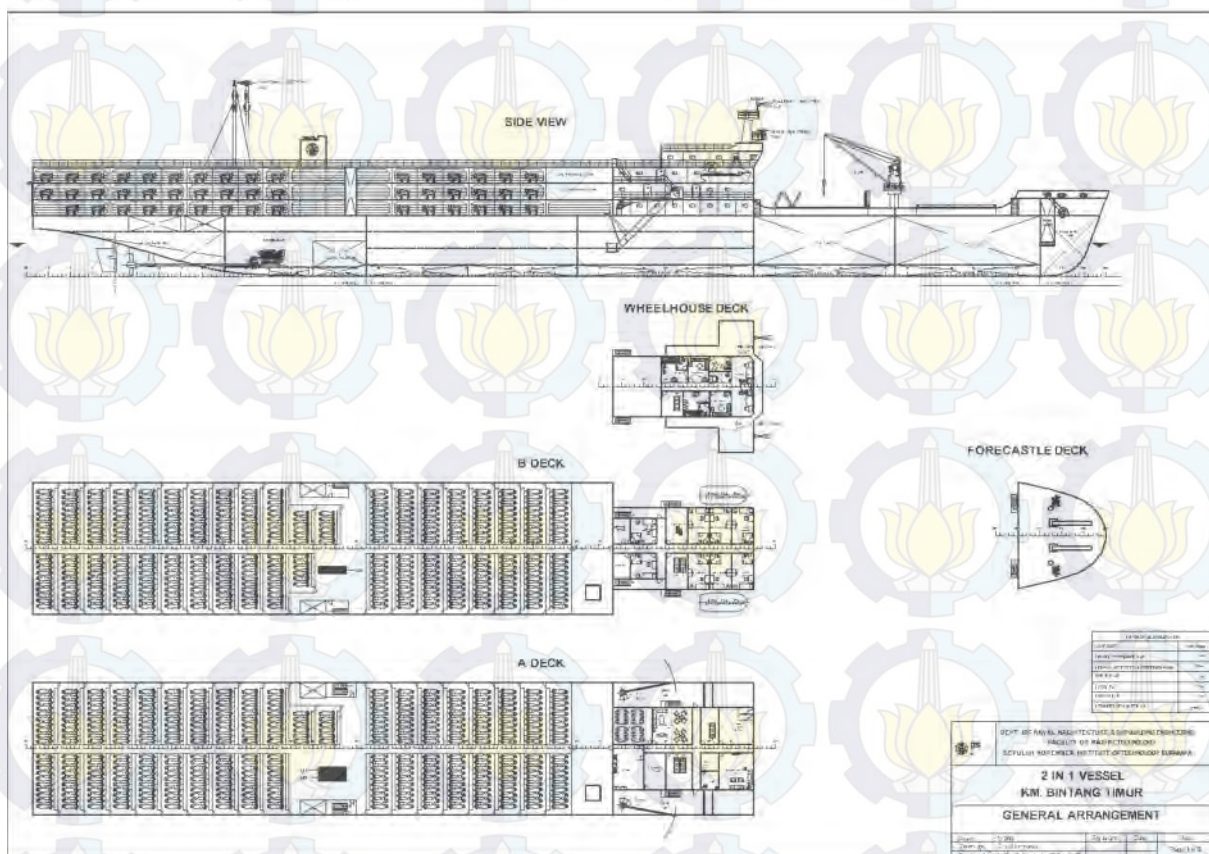
- a. Sekat kedap masing-masing ruangan
- b. Stabilitas yang cukup
- c. Struktur / konstruksi
- d. Penyediaan akses yang cukup

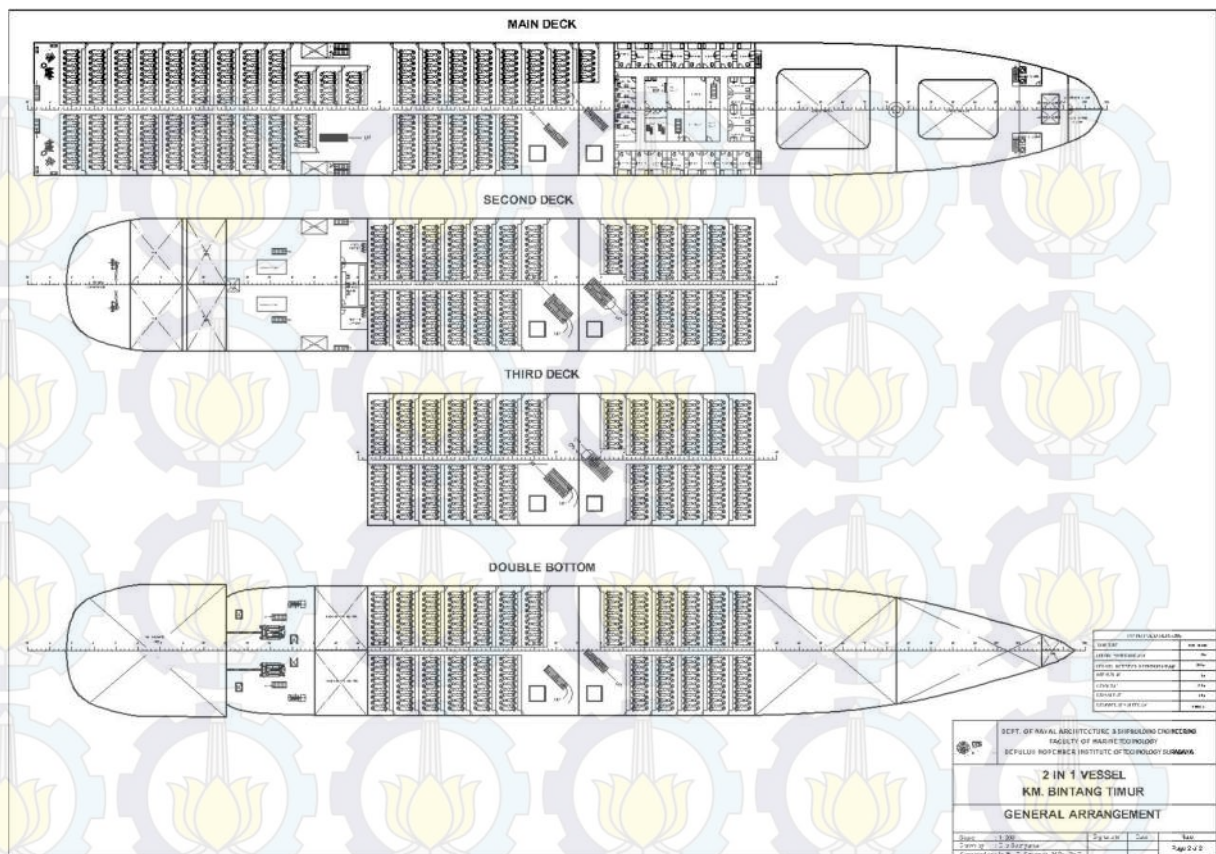
Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan rencana umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- Penentuan volume ruang muat berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang dimuat.

- Metode penyimpanan dan bongkar muat muatan.
- Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin.
- Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah crew, penumpang dan standar akomodasi.
- Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- *Lines plan* yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran - ukuran utama apakah sudah sesuai dengan yang ditentukan atau belum. Hasil rencana umum dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar IV. 19. Rencana umum kapal 2 in 1

IV.9. Peralatan Keselamatan

Peralatan keselamatan yang direncanakan pada kapal ini adalah :

IV.9.1 Rescue Boat

Alat ini digunakan apabila terjadi insiden seperti salah satu ABK atau orang dalam kapal yang terjatuh ke laut, atau untuk memberi pertolongan orang di luar kapal.

IV.9.2 Sekoci penolong

Untuk sekoci penolong, dalam perencanaan digunakan *totally enclosed lifeboat*.

IV.9.3 Pelampung penolong (lifebuoy)

Persyaratan lifebuoy menurut SOLAS *Chapter III Part B*:

- Warnanya cerah dan mudah dilihat, harus mampu menahan di air tawar selama 24 jam, berat besi 14,5 kg.
- Diletakkan pada dinding dan kubu-kubu serta dilengkapi tali
- Dilengkapi dengan lampu yang bisa menyala secara otomatis jika jatuh ke laut pada malam hari.

- d. Diletakan ditempat yang mudah dilihat dan dijangkau.

IV.9.4 Baju Penolong (life jacket)

Persyaratan menurut SOLAS *Chapter* III Part B:

- a. Setiap ABK minimal satu baju penolong.
- b. Disimpan ditempat yang mudah dilihat dan lokasi yang mudah dicapai. (Biasanya disimpan dalam lemari dalam masing-masing kabin penumpang dan ABK).
- c. Dibuat sedemikian rupa sehingga kepala pemakai yang pingsan tetap berada di atas air.
- d. Life jacket harus mampu menahan dalam air tawar selama 24 jam, berat 7,5 kg besi.
- e. Untuk jumlah crew 50 orang minimal harus disediakan 50 life jackets.
- f. Jumlah baju penolong = jumlah ABK = 50 buah

IV.10. Lampu Navigasi

Penentuan *navigation light* didasarkan pada *COLREG – International Regulation from Preventing Collision at Sea – International Regulation for Preventing Collision at Sea – Rule 21-24 and 30*.

- *Anchor Light*

Anchor light terletak di bagian haluan kapal, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jumlah 1 buah.
- Sudut 360° pada bidang horisontal.
- Dapat dilihat pada jarak minimal 3 mil.

- *Side light*.

Side light terletak di bagian ujung tepi haluan, dengan terpasang pada kedua sisi kapal:

- Pada lambung sisi kanan berwarna hijau.
- Pada lambung sisi kiri berwarna merah.
- Bersudut 112,5° dari sisi lambung ke arah luar.
- Dapat dilihat sejauh 2 mil dari depan kapal.
- Dapat dilihat dari sisi lambung ke arah luar.

- *Mast head light*

- Terletak di atas ruang navigasi dan diantara *engine casing*.
- Warna lampu putih
- Sudut sinar 225°
- Jangkauan sinar 6 mil

o *Stern Light*

Stern light terletak di bagian belakang kapal. Pada kapal ini terpasang *stern light* tepat pada geladak *centerline* buritan.

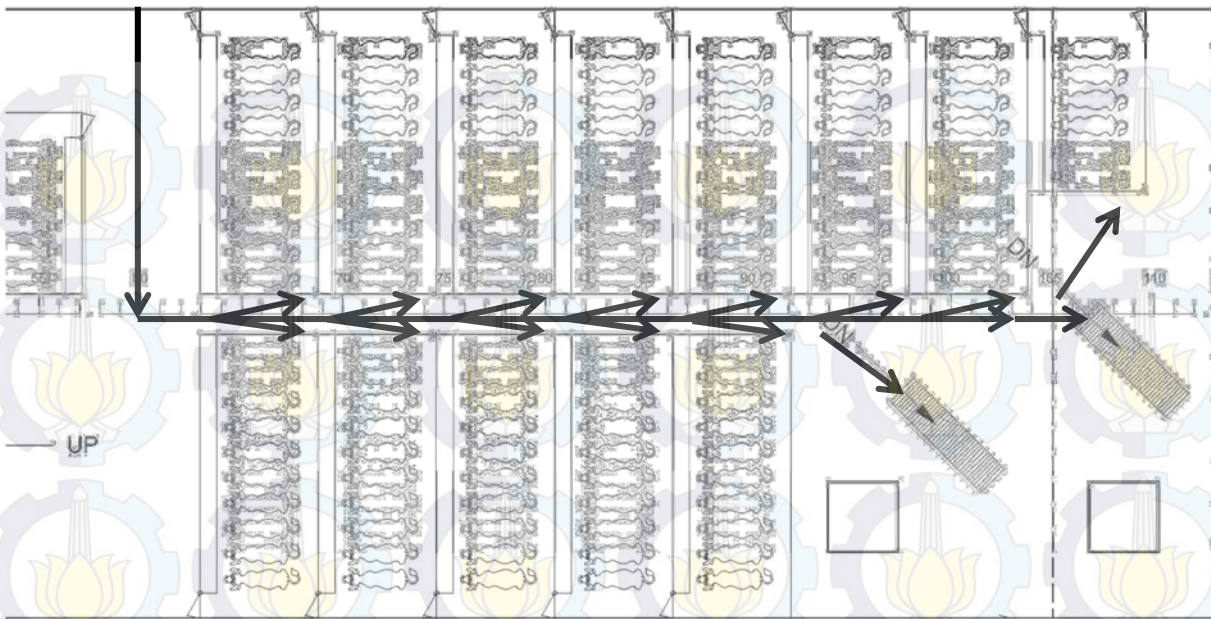
- warna lampu putih berjumlah 1 buah.
- Sudut 135° pada bidang horisontal.
- Dapat dilihat pada jarak minimal 2 mil.
- Tinggi < lampu jangkar.

IV.11. Mekanisme Bongkar Muat Kapal

Masing – masing muatan memiliki teknis pemuatan dan penurunan muatan tersendiri, untuk muatan sapi dengan menggunakan jembatan rampa sedangkan muatan beras dengan menggunakan *crane*. Berikut ini mekanisme bongkar muat ternak sapi :

IV.11.1 Muatan Sapi Masuk Kapal



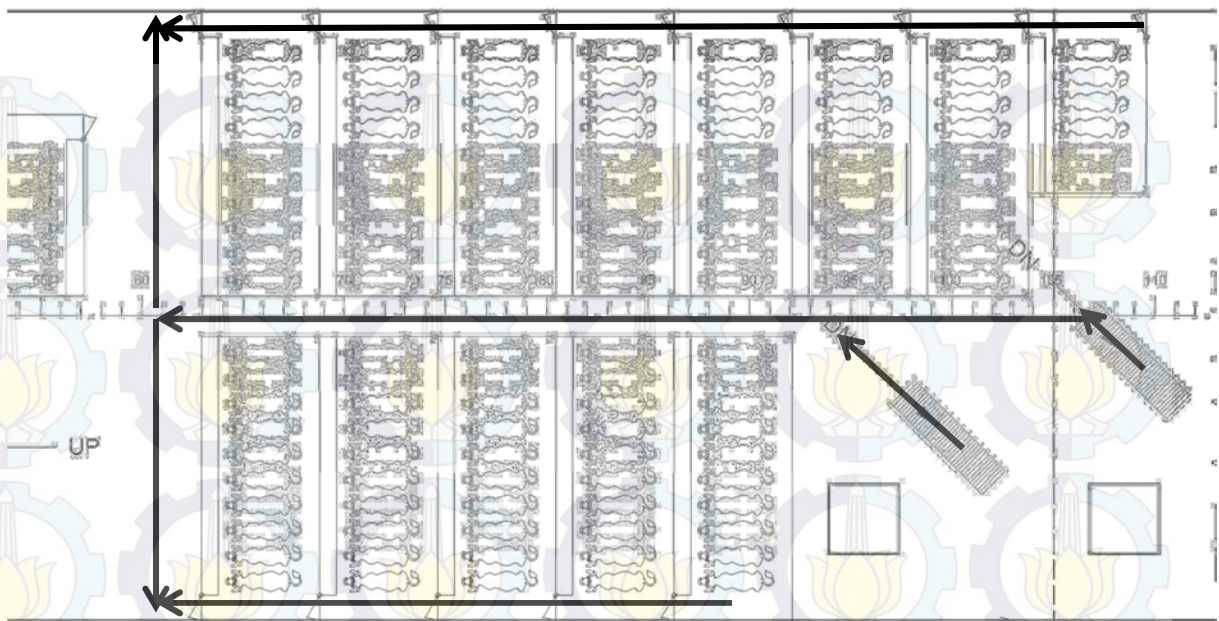


Gambar IV. 20. Mekanisme sapi masuk ke kapal

Sapi masuk dari dermaga melalui jembatan rampa, kemudian sapi digiring menuju kandang masing – masing kelompok. Alur penggiringan sapi masuk ke kandang ditunjukkan pada Gambar IV. 20. Mekanisme sapi masuk ke kapal.

IV.11.2 Muatan Sapi Keluar Kapal





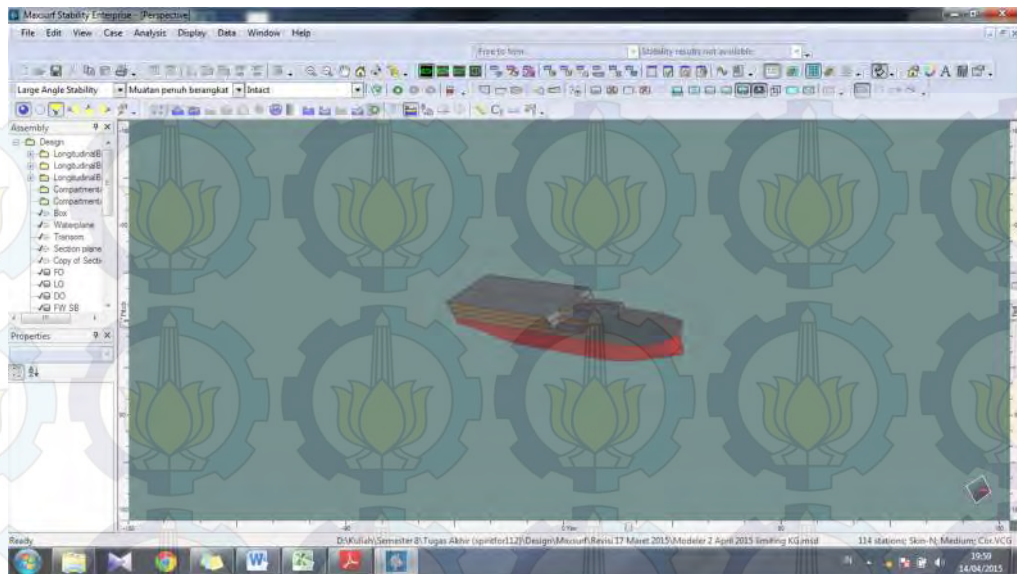
Gambar IV. 21. Mekanisme sapi keluar kapal

Sapi keluar kandang melalui pintu samping kandang, kemudian digiring menuju pint masuk dari dermaga keluar kapal untuk selanjutnya kapal menuju dermaga menggunakan jembatan rampa. Alur penggiringan sapi keluar ke dermaga ditunjukkan pada Gambar IV. 20. Mekanisme sapi masuk ke kapal.

IV.12. Pengecekan Kondisi Kapal (Validasi Model)

Langkah terakhir dalam Tugas Akhir ini adalah melakukan validasi model kapal dengan perhitungan. Pengecekan yang dilakukan adalah pengecekan stabilitas kapal dalam tujuh kondisi, yaitu *full load* berangkat, *full load* tiba, muatan ternak berangkat, muatan ternak tiba, muatan barang berangkat, muatan barang tiba dan muatan kosong. Data yang dibutuhkan dalam validasi ini adalah rencana garis *final*, rencana umum *final*, perhitungan *final*, *tank arrangement* dan *stability criteria*. Proses validasi ini menggunakan *software maxsurf*. Berbeda dengan permodelan kapal, proses ini menggunakan *software maxsurf stability* guna untuk menganalisa model. Dan berikut ini langkah – langkah dalam menganalisa model :

1. Mengumpulkan data – data yang sudah diperoleh.
2. Menjalankan *software maxsurf stability*



Gambar IV. 22. Interface *maxsurf stability*

3. Perencanaan *tank arrangement*

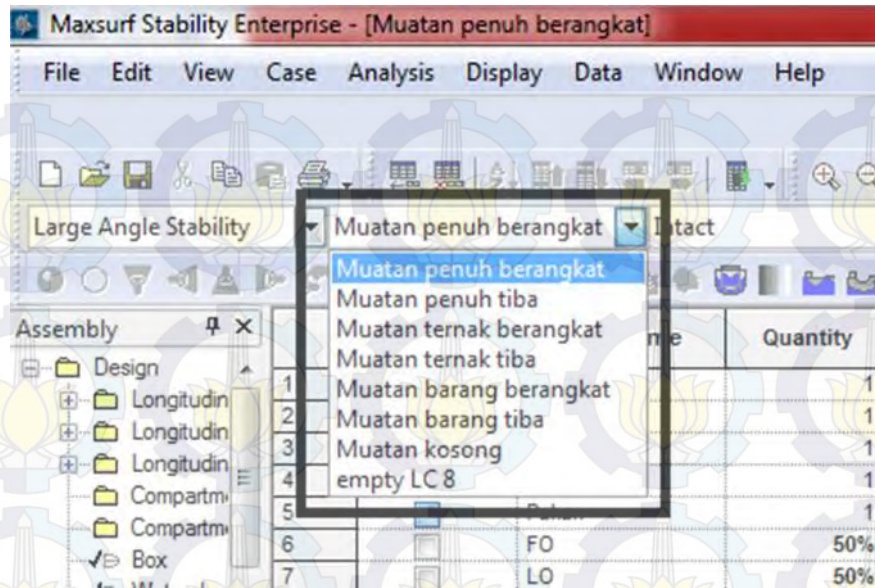
Proses perencanaan tangki di software ini disesuaikan dengan gambar rencana umum final. Berikut ini perencanaan tangki – tangki pada kapal 2 in 1:

Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Alt. m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Top m	A.Bott. m
1 FO	Tank	100	95	0.843	Fuel Oil	none	9.6	15	4	9	8.2	6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
2 LO	Tank	100	95	0.82	Lube Oil	none	9.6	15	-8	-4	8.2	6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
3 DO	Tank	100	95	0.84	Diesel	none	15	15	-1.2	1.2	8.2	6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
4 FW SB	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	26.2	34.2	0	9	6	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
5 FW PS	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	26.2	34.2	-9	0	6	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
6 Sewage	Tank	100	95	0.913	Sludge	none	26.4	34.2	-9	9	1.2	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
7 Sludge	Tank	100	95	0.913	Sludge	none	23.2	25.6	-8	9	1.2	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
8 CH 1 SB	Tank	100	95	0.7143	none	none	83.4	106.2	0	9	8.2	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
9 CH 1 PS	Tank	100	95	0.7143	none	none	83.4	106.2	-9	0	8.2	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
10 CH 2 SB	Tank	100	95	0.7143	none	none	106.2	126	0	8.8	8.2	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
11 CH 2 PS	Tank	100	95	0.7143	none	none	106.2	126	-8.8	0	8.2	1.2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
12 AP tank	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	-6.8	15	-8	9	6	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
13 FP tank	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	115.2	133.893	-8	9	8.2	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
14 WBT 1	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	1.2	9	-9	9	8.2	6	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
15 WBT 2	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	34.2	43.2	-9	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
16 WBT 3	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	43.2	60.6	-9	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
17 WBT 4	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	60.6	86.4	-9	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
18 WBT 5	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	86.4	106.6	-9	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
19 WBT 6	Tank	100	95	1.025	Sea Water	none	106.2	126.4	-9	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
20 WBT 7	Tank	100	100	1.025	Sea Water	none	106.2	133.893	-8	9	1.5	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO

Gambar IV. 23. *Tank arrangement*

4. Penentuan kondisi *loading* kapal

Pada analisa stabilitas model kapal dilakukan dalam tujuh kondisi , yaitu *full load* berangkat, *full load* tiba, muatan ternak berangkat, muatan ternak tiba, muatan barang berangkat , muatan barang tiba dan muatan kosong.

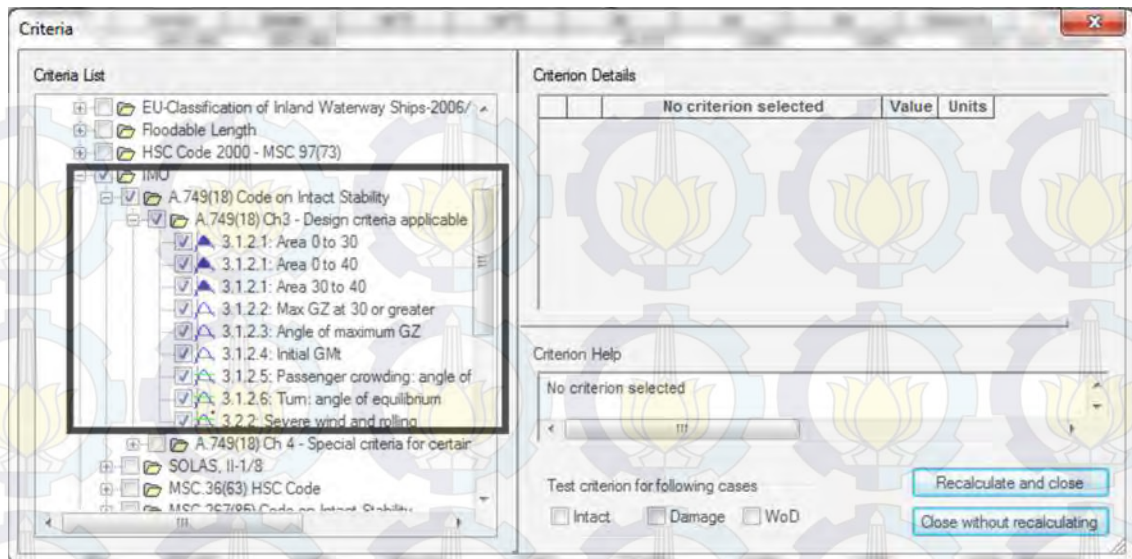


Gambar IV. 24. Kondisi pemuatan (loading)

Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	3087.650	3087.650	0.000	0.000	45.037	0.000	3.859	0.000	User Specific
2	836.842	836.842	0.000	0.000	34.791	0.000	9.450	0.000	User Specific
3	106.835	106.835	0.000	0.000	15.000	0.000	3.320	0.000	User Specific
4	810.000	810.000	0.000	0.000	39.236	0.000	8.445	0.000	User Specific
5	307.774	307.774	0.000	0.000	67.800	0.000	12.600	0.000	User Specific
6	56.091	28.046	59.400	29.700	12.300	6.500	6.550	53.117	Maximum
7	54.648	27.324	59.400	29.700	12.300	2.350	6.550	51.750	Maximum
8	13.006	6.653	15.940	7.920	16.500	0.000	6.550	2.903	Maximum
9	345.063	345.063	345.063	345.063	30.201	4.493	3.603	0.000	Maximum
10	345.063	345.063	345.063	345.063	30.201	4.493	3.603	0.000	Maximum
11	128.206	0.000	140.423	0.000	34.156	0.000	0.014	0.000	Maximum
12	33.399	0.000	36.562	0.000	25.705	0.000	0.151	0.000	Maximum
13	1017.658	1017.658	1424.972	1424.972	94.746	4.483	4.708	0.000	Maximum
14	1017.658	1017.658	1424.972	1424.972	94.746	4.483	4.708	0.000	Maximum
15	695.654	695.654	973.896	973.896	115.099	3.683	4.881	0.000	Maximum
16	695.654	695.654	973.896	973.896	115.099	3.683	4.881	0.000	Maximum
17	1275.745	0.000	1244.629	0.000	14.560	0.000	0.805	0.000	Maximum
18	1292.255	0.000	1269.736	0.000	118.442	0.000	2.060	0.000	Maximum
19	292.249	0.000	205.108	0.000	6.400	0.000	0.000	0.000	Maximum
20	231.231	0.000	225.591	0.000	42.850	0.000	0.000	0.000	Maximum
21	449.499	0.000	435.536	0.000	53.097	0.000	0.000	0.000	Maximum
22	666.695	0.000	650.434	0.000	73.336	0.000	0.000	0.000	Maximum
23	551.171	0.000	537.728	0.000	91.969	0.000	0.000	0.000	Maximum
24	300.566	0.000	293.235	0.000	109.480	0.000	0.000	0.000	Maximum
25	304.965	0.000	291.517	0.000	109.480	0.000	0.000	0.000	Maximum
26	Total Loadcase	9387.911	11633.034	5555.182	64.048	0.001	6.277	107.770	
27	FS correction						0.012		
28	VCG fluid						5.388		

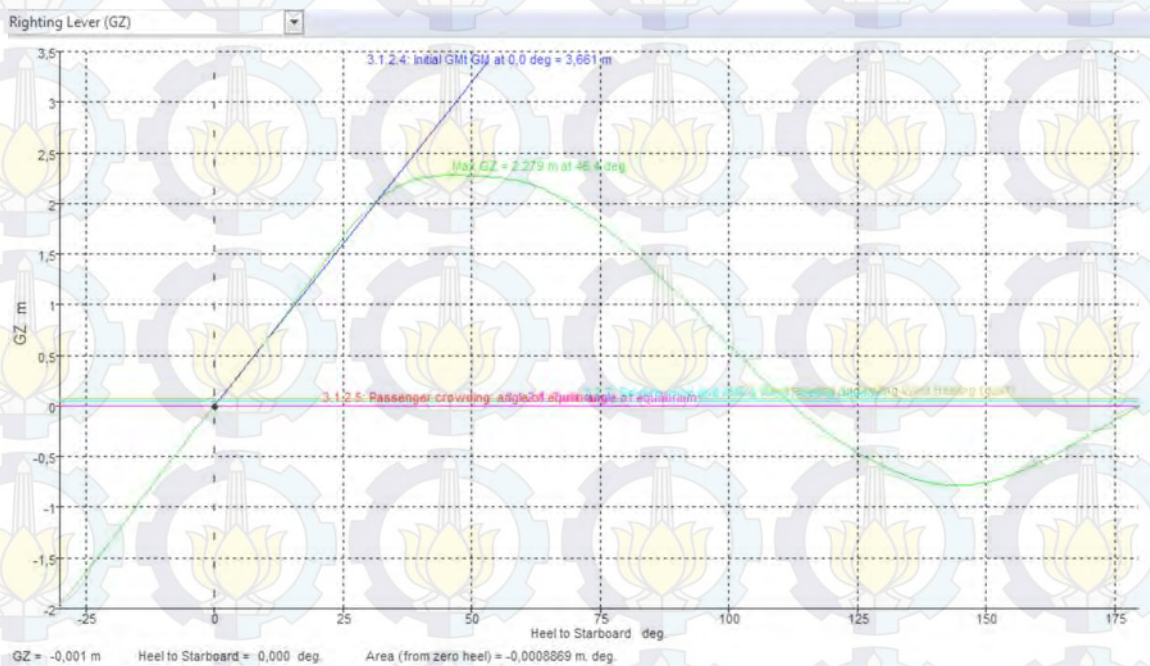
Gambar IV. 25. Kondisi full load berangkat

5. Pemilihan kriteria stabilitas



Gambar IV. 26. Kriteria stabilitas

6. Running



Gambar IV. 27. Grafik stabilitas hasil *running*

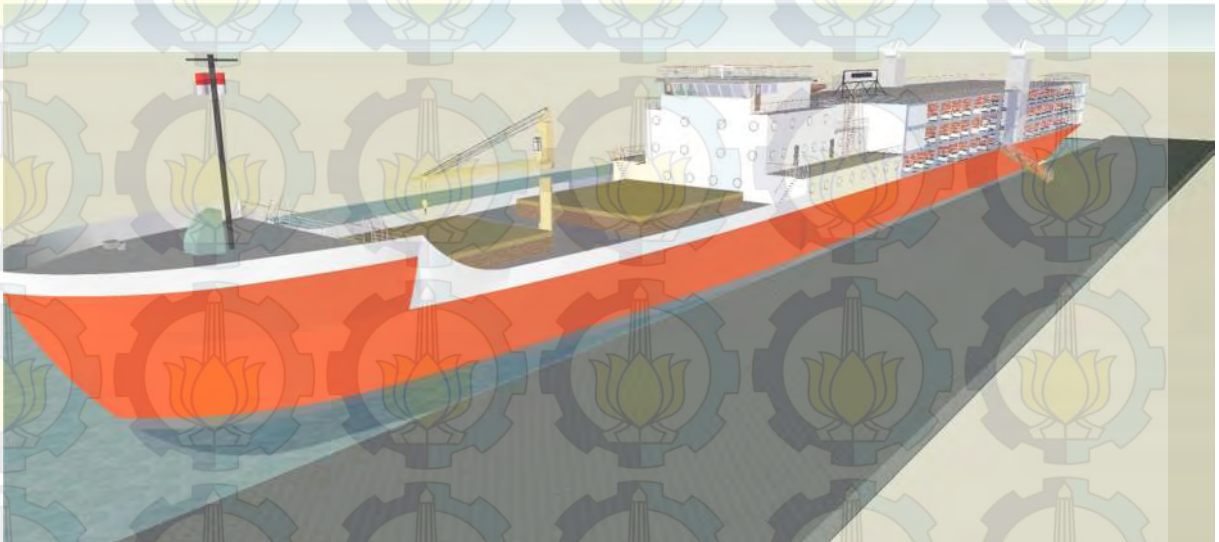
Dari hasil *running* dapat diketahui pada saat kondisi *full load* berangkat *heeling angle* maksimal terjadi pada sudut 46.2^0 . Proses *running* dilakukan untuk semua kondisi.

7. Analisis perbandingan model kapal dengan perhitungan

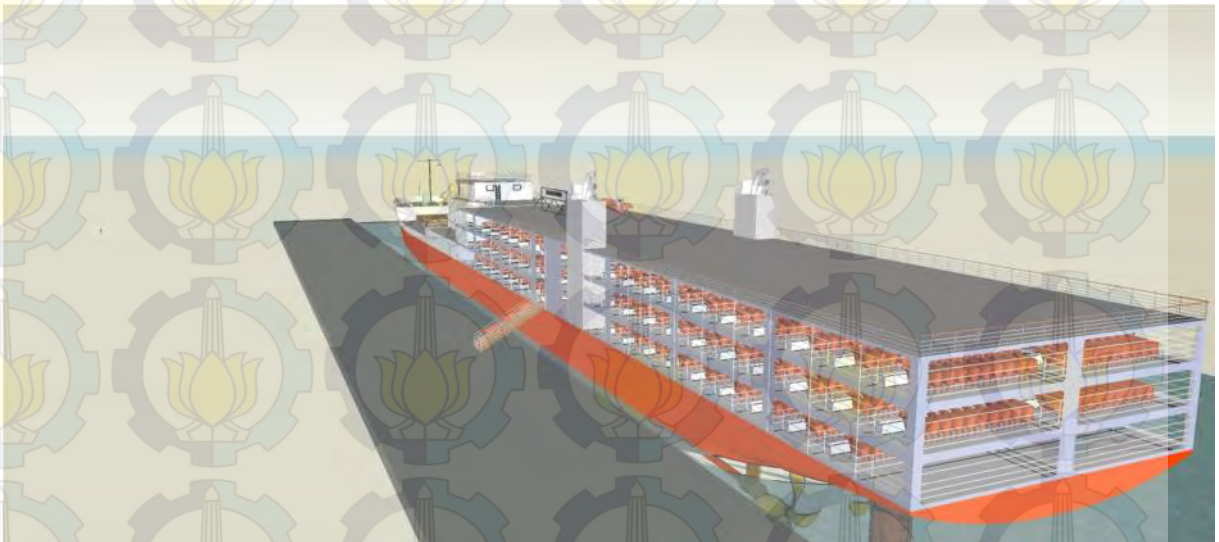
Kemudian dilakukan analisa perbandingan antara kondisi model dengan perhitungan. Hasil dari model harus lebih tinggi performanya dibandingkan dengan hasil perhitungan. Karena sebagai *room of error* dalam melakukan perhitungan yang sebagian besar menggunakan pendekatan.

IV.13. Pembuatan Model Tiga Dimensi Kapal

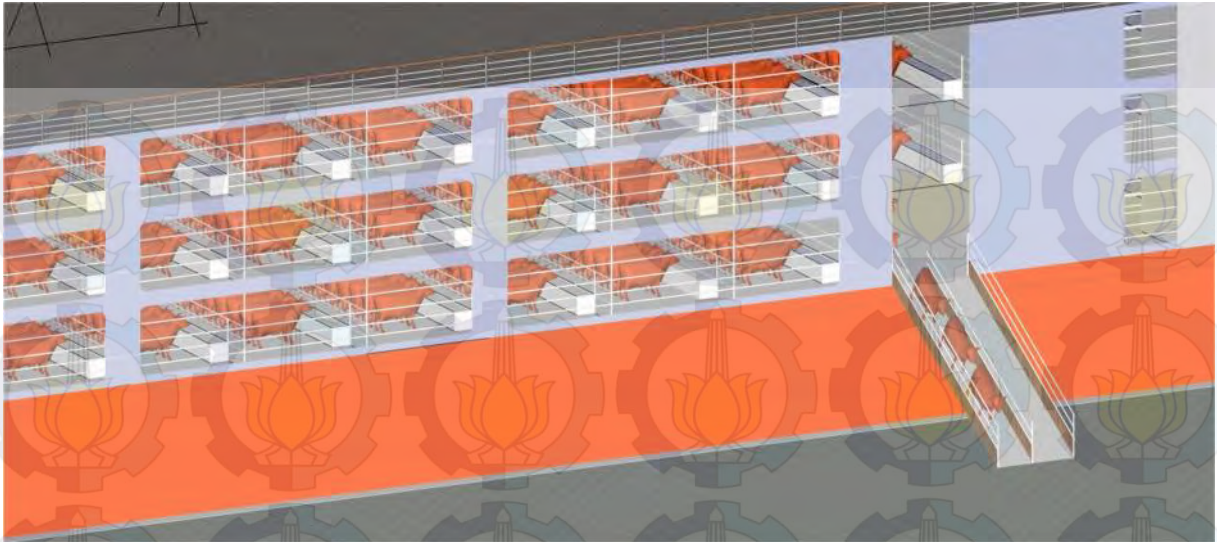
Setelah rencana garis dan rencana umum kapal telah selesai. Langkah selanjutnya adalah membuat desain tiga dimensi kapal. Pada proses desain ini, *menggunakan software google sketchup*. Dan berikut ini hasil desain tiga dimensi kapal 2 in 1:



Gambar IV. 28. Desain tiga dimensi kapal 2 in 1 tampak depan



Gambar IV. 29. Desain tiga dimensi kapal 2 in 1 tampak belakang



Gambar IV . 30. Proses bongkar muat sapi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah proses desain dari Tugas Akhir terselesaikan maka didapat kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Payload kapal 5200 ton atau 1800 ekor sapi dan 3300 ton beras.
2. Rute pelayaran dari Pelabuhan Tenau di NTT menuju Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya
3. Hasil ukuran utama optimal :
Lpp : 132.8 m
B : 18 m
H : 8.2 m
T : 4.6 m
Displasmen: 9341.715 ton
Kecepatan Dinas : 13 knot
Jumlah Mesin Induk : 2
Power Mesin Induk : 1810 HP

V.2. Saran

Saran berisi tentang hal-hal yang dapat dikembangkan dari Tugas Akhir ini, yang nantinya dapat dijadikan judul oleh Tugas Akhir selanjutnya, serta kekurangan-kekuarangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dengan banyaknya estimasi dan pendekatan dalam pengerjaan tugas akhir ini maka dapat dilanjutkan dengan pengerjaan lebih lanjut secara spesifik dalam konteks analisis ekonomis.
2. Kurangnya pengetahuan tentang kapal cargo yang dikombinasikan dengan muatan lainnya.
3. Belum adanya kapal khusus pengangkut ternak sapi di Indonesia menjadikan desain tata letak kapal ini mengacu pada kapal ternak yang ada diluar negeri dan ruang muatnya masih berdasarkan kandang yang ada di darat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah proses desain dari Tugas Akhir terselesaikan maka didapat kesimpulan dan saran sebagai berikut :

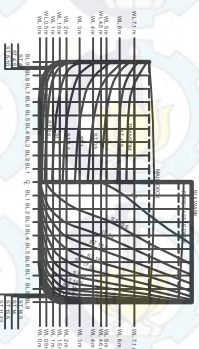
1. Payload kapal 5200 ton atau 1800 ekor sapi dan 3300 ton beras.
2. Rute pelayaran dari Pelabuhan Tenau di NTT menuju Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya
3. Hasil ukuran utama optimal :
Lpp : 132.8 m
B : 18 m
H : 8.2 m
T : 4.6 m
Displasmen: 9341.715 ton
Kecepatan Dinas : 13 knot
Jumlah Mesin Induk : 2
Power Mesin Induk : 1810 HP

V.2. Saran

Saran berisi tentang hal-hal yang dapat dikembangkan dari Tugas Akhir ini, yang nantinya dapat dijadikan judul oleh Tugas Akhir selanjutnya, serta kekurangan-kekuarangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dengan banyaknya estimasi dan pendekatan dalam pengerjaan tugas akhir ini maka dapat dilanjutkan dengan pengerjaan lebih lanjut secara spesifik dalam konteks analisis ekonomis.
2. Kurangnya pengetahuan tentang kapal cargo yang dikombinasikan dengan muatan lainnya.
3. Belum adanya kapal khusus pengangkut ternak sapi di Indonesia menjadikan desain tata letak kapal ini mengacu pada kapal ternak yang ada diluar negeri dan ruang muatnya masih berdasarkan kandang yang ada di darat.

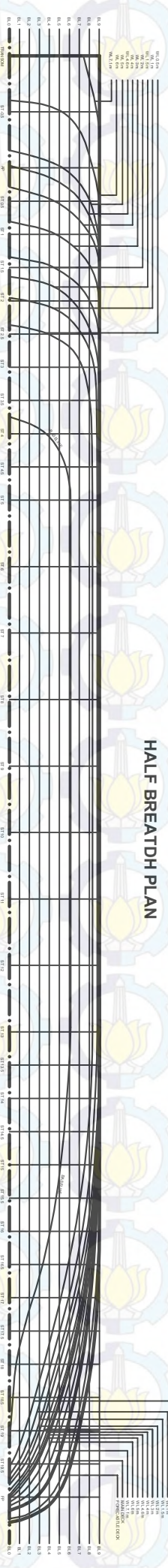
BODY PLAN




SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS			
SHIP TYPE	2 IN 1 VC		
LENGTH (WATERLINE) (M)	144		
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (M)	132.8		
BREADTH (M)	18		
DRAFT (M)	4.8		
DISPLAOST (T)	44		
DESIGNED SEA SPEED (KNOT)	11.000		

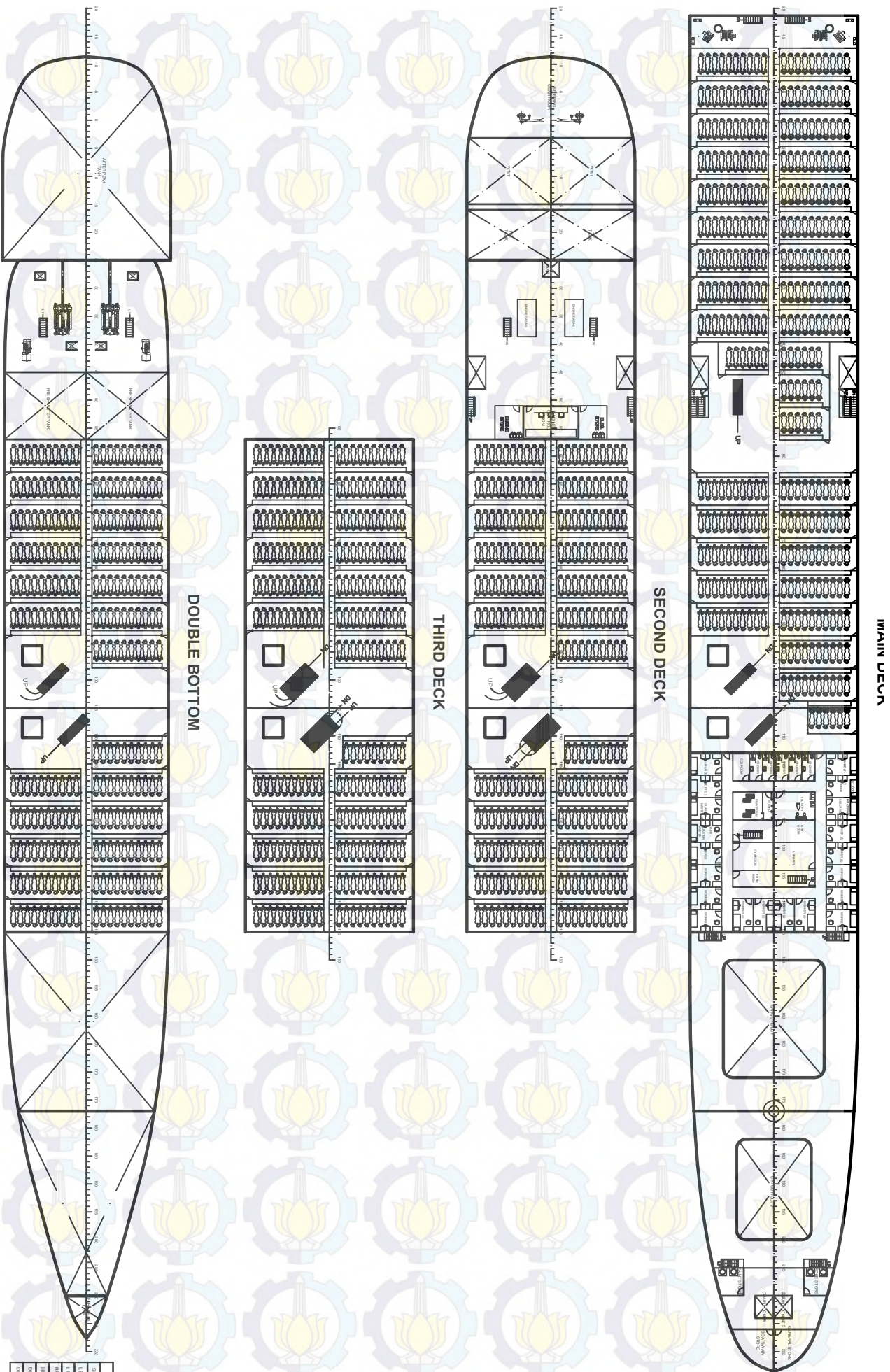


DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAY

2 IN 1 VESSEL
KM. BINTANG TIMUR

LINESPLAN

Scale	1:120	Signature	Date	Note
Drawn by	Edu Supriyanto			
Approved by	Dr. N. D. Anwarul M.Sc., Ph.D			



PRINCIPAL DIMENSIONS			
SHIP TYPE	2 IN 1 VESSEL		
LENGTH OVERALL (LOA)	104		
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	72.3		
BREADTH (M)	18		
DRAUGHT (M)	4.5		
DRAUGHT (T)	4.5		
DISPLACEMENT (T)	11 000		

DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPUJUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAY

2 IN 1 VESSEL
KM. BINTANG TIMUR

GENERAL ARRANGEMENT

Scale	1:120	Signature	Date	Note
Drawn by	Eli S. Suryanto			
Approved by	Dr. N. D. Anwar, M.Sc., Ph.D.			

